LA MENTE E LA MACCHINA

Scacchi e intelligenza artificiale, dalla sfida al dialogo

MICHELE IASELLI

Professore di Informatica giuridica e diritto dell'IA
LUISS "Guido Carli" – Università di Cassino

2026

INDICE GENERALE

Prefazione

PARTE PRIMA – Le origini del confronto

Capitolo 1. Gli scacchi come paradigma dell'intelligenza

1. Dalle origini orientali alla scacchiera moderna: il cammino millenario del gioco
2. La consacrazione degli scacchi come modello del pensiero razionale
3. Le proprietà formali degli scacchi e la nascita del laboratorio dell'intelligenza artificiale

Capitolo 2. I pionieri: Turing, Shannon e l'idea di una macchina che gioca

1. Alan Turing e il sogno di una macchina pensante
2. Claude Shannon e la teoria della programmazione scacchistica
3. I primi esperimenti e la nascita dell'intelligenza artificiale come disciplina

Capitolo 3. Dai primi programmi a Deep Blue

1. L'era della forza bruta: l'ascesa dei programmi scacchistici negli anni Settanta e Ottanta
2. Il progetto Deep Blue: genesi, architettura e strategia di IBM
3. La sfida del secolo: Kasparov contro Deep Blue, 1996–1997

PARTE SECONDA – La rivoluzione

Capitolo 4. L'era dei motori scacchistici: Stockfish e la forza bruta perfezionata

1. Dopo Deep Blue: la democratizzazione dell'intelligenza artificiale scacchistica
2. Stockfish e l'architettura del motore scacchistico moderno
3. L'impatto dei motori sulla preparazione dei grandi maestri e sulla teoria del gioco

Capitolo 5. AlphaZero: quando la macchina impara da sola

1. DeepMind e la genesi di AlphaZero: dall'apprendimento per rinforzo alla tabula rasa
2. Architettura e metodo: reti neurali, ricerca Monte Carlo e auto-apprendimento
3. Le partite di AlphaZero: una bellezza aliena che ha stupito il mondo degli scacchi

Capitolo 6. Leela Chess Zero e la comunità open source

1. Dalla chiusura di AlphaZero alla risposta della comunità: la nascita di Leela Chess Zero
2. L'architettura distribuita e il modello di sviluppo collaborativo
3. Il confronto tra paradigmi: Stockfish, Leela e la sintesi tra forza bruta e apprendimento

PARTE TERZA – L'impatto sul gioco e sulla cultura scacchistica

Capitolo 7. Il centauro: la collaborazione uomo-macchina

1. *Kasparov e la nascita degli scacchi avanzati: dal freestyle al modello centauro*
2. *Il declino del centauro e le lezioni sulla collaborazione uomo-IA*
3. *Dalla scacchiera al mondo reale: il modello centauro come paradigma dell'era dell'IA*

Capitolo 8. Come l'intelligenza artificiale ha cambiato la teoria delle aperture

1. *La rivoluzione nella teoria delle aperture: velocità, rivalutazione e scoperta*
2. *Le trasformazioni strutturali: profondità, democratizzazione e rapporto tra teoria e pratica*
3. *Questioni epistemologiche: la conoscenza opaca e il paradosso della comprensione*

Capitolo 9. Il problema del cheating: quando la tecnologia diventa minaccia

1. *L'emergere del cheating computerizzato e le risposte della comunità scacchistica*
2. *Il caso Carlsen-Niemann e le sue conseguenze*
3. *Verso una governance dell'integrità scacchistica nell'era dell'intelligenza artificiale*

Capitolo 10. Gli scacchi nell'era digitale: piattaforme, streaming e nuovi pubblici

1. *La rinascita degli scacchi: pandemia, Netflix e lo streaming*
2. *Le piattaforme online e la trasformazione dell'esperienza scacchistica*
3. *La nuova cultura scacchistica: inclusione, IA e il futuro del gioco*

PARTE QUARTA – Riflessioni filosofiche e giuridiche

Capitolo 11. Che cosa ci insegnano gli scacchi sull'intelligenza artificiale (e viceversa)

1. *Prestazione e comprensione: il nodo filosofico dell'intelligenza artificiale*
2. *La creatività artificiale: le partite di AlphaZero e la sfida alle categorie tradizionali*
3. *Dalla scacchiera al mondo reale: limiti e possibilità del trasferimento delle competenze*

Capitolo 12. Profili etici e giuridici dell'intelligenza artificiale negli scacchi

1. *La proprietà intellettuale delle partite generate dall'IA e il quadro normativo europeo*
2. *Responsabilità algoritmica e governance delle decisioni automatizzate*
3. *La regolamentazione delle competizioni scacchistiche nell'era dell'intelligenza artificiale*

Capitolo 13. Dalla scacchiera al mondo reale: gli scacchi come metafora dell'IA nella società

1. *Il modello scacchistico e la trasformazione del lavoro nell'era dell'intelligenza artificiale*
2. *L'intelligenza artificiale nella strategia militare: lezioni e limiti dell'analogia scacchistica*
3. *Il diritto nell'era dell'intelligenza artificiale: principi fondamentali dalla scacchiera alla società*

Epilogo – La partita infinita: verso una nuova alleanza tra mente umana e intelligenza artificiale

Michele Iaselli

LA MENTE E LA MACCHINA

Scacchi e intelligenza artificiale,

dalla sfida al dialogo

2026

PREFAZIONE

Gli scacchi rappresentano, nella storia della civiltà umana, molto più di un semplice gioco da tavolo. Fin dalla loro nascita, avvenuta presumibilmente nell'India del VI secolo con il nome di chaturanga, essi hanno incarnato l'aspirazione dell'uomo a comprendere, modellare e dominare la complessità del reale attraverso il pensiero astratto. La scacchiera, con le sue sessantaquattro caselle e i suoi trentadue pezzi, è un microcosmo straordinariamente ricco: il numero di partite possibili supera il numero di atomi nell'universo osservabile, eppure ogni singola posizione è deterministica, priva di elementi casuali, perfettamente trasparente nella sua logica interna. Questa combinazione unica di complessità computazionale e chiarezza strutturale ha reso gli scacchi, per secoli, il banco di prova privilegiato per misurare l'intelligenza umana e, in tempi più recenti, per mettere alla prova le ambizioni dell'intelligenza artificiale.

L'idea di costruire una macchina capace di giocare a scacchi è antica quanto l'idea stessa di automa. Il celebre Turco meccanico di Wolfgang von Kempelen, presentato alla corte di Maria Teresa d'Austria nel 1770, era in realtà un ingegnoso inganno – un forte giocatore umano nascosto all'interno del mobile – ma il fascino che esercitò sulle corti europee rivelava un desiderio profondo: quello di vedere il pensiero strategico, quintessenza della ragione umana, riprodotto da un meccanismo artificiale. Dovettero trascorrere quasi due secoli prima che questo sogno diventasse realtà scientifica. Quando, nel 1950, Claude Shannon pubblicò il suo articolo seminale sulla programmazione di un calcolatore per giocare a scacchi, e quando, nello stesso anno, Alan Turing scrisse a mano il primo algoritmo scacchistico della storia, la sfida tra mente e macchina cessò di essere una fantasia da salotto per diventare un programma di ricerca rigoroso, destinato a segnare la storia dell'informatica e della filosofia della mente.

Da quel momento, il cammino dell'intelligenza artificiale scacchistica è stato una parabola ascendente che ha attraversato fasi distinte, ciascuna portatrice di

rivoluzioni concettuali. I primi programmi degli anni Cinquanta e Sessanta erano deboli, lenti e facilmente battuti da giocatori di livello intermedio, ma dimostravano un principio fondamentale: una macchina poteva applicare regole logiche a un dominio complesso e produrre mosse sensate. Negli anni Settanta e Ottanta, la crescita esponenziale della potenza di calcolo e il perfezionamento degli algoritmi di ricerca portarono i programmi scacchistici a sfidare i grandi maestri, fino al momento epocale del 1997, quando Deep Blue, il supercomputer di IBM, sconfisse il campione del mondo Garry Kasparov in un match regolare. Quella vittoria, vissuta dall'opinione pubblica come un evento quasi mitologico, segnò uno spartiacque: per la prima volta, la macchina prevaleva sull'uomo nel dominio che più a lungo era stato considerato il simbolo dell'intelligenza superiore.

Ma la storia non si fermò a Deep Blue. Nei due decenni successivi, i motori scacchistici come Stockfish raggiunsero livelli di gioco sovrumani grazie a un approccio che rimaneva, nella sostanza, quello di Shannon: una ricerca sistematica delle mosse possibili, guidata da funzioni di valutazione sempre più sofisticate, ma pur sempre progettate e calibrate da esseri umani. Poi, nel dicembre 2017, una pubblicazione di DeepMind scosse il mondo degli scacchi e dell'intelligenza artificiale con la stessa intensità del match Kasparov-Deep Blue: AlphaZero, un sistema basato su reti neurali profonde e apprendimento per rinforzo, aveva imparato a giocare a scacchi partendo da zero – conoscendo solo le regole del gioco, senza alcun database di partite umane – e in sole quattro ore di auto-apprendimento aveva raggiunto un livello sufficiente a sconfiggere Stockfish, il più forte motore scacchistico del mondo. Le partite di AlphaZero stupirono i grandi maestri per la loro bellezza aliena: sacrifici posizionali audaci, manovre strategiche di lungo respiro, una creatività che sembrava più umana di quella dei programmi tradizionali, eppure era il prodotto di un processo di apprendimento radicalmente diverso da quello umano.

Questo libro nasce dalla convinzione che la storia del rapporto tra scacchi e intelligenza artificiale non sia soltanto un affascinante capitolo della storia della tecnologia, ma costituisca una chiave di lettura privilegiata per comprendere le grandi questioni che l'intelligenza artificiale pone alla società contemporanea. Gli scacchi, per la loro natura di dominio chiuso e perfettamente formalizzabile,

hanno funzionato come un laboratorio ideale in cui sperimentare i concetti fondamentali dell'IA: la ricerca nello spazio degli stati, l'apprendimento automatico, la valutazione euristica, la creatività computazionale. Ma gli scacchi sono anche un'attività profondamente umana, intrecciata con la cultura, la psicologia, l'estetica, la competizione agonistica. Per questo, il confronto tra uomo e macchina sulla scacchiera ha sempre avuto una risonanza che va ben oltre l'ambito tecnico, toccando temi filosofici profondi: che cosa significa pensare? Che cos'è la creatività? Può una macchina comprendere davvero ciò che fa, o si limita a calcolare? E che cosa cambia nell'identità umana quando una macchina ci supera in un'attività che consideravamo la quintessenza della nostra intelligenza?

L'autore di queste pagine porta a questa riflessione una prospettiva particolare, che nasce dall'incrocio di tre esperienze distinte. La prima è quella dello studioso di informatica giuridica e di intelligenza artificiale, impegnato da anni nell'analisi delle implicazioni normative, etiche e sociali delle tecnologie emergenti, e particolarmente coinvolto nel dibattito europeo e italiano sulla regolamentazione dell'IA, culminato nel Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale e nella legge italiana 132 del 2025. La seconda è quella del giurista attento ai profili di responsabilità, proprietà intellettuale e governance che l'IA solleva in ogni ambito applicativo, compresi quelli apparentemente ludici come gli scacchi competitivi. La terza, non meno importante, è quella dell'appassionato di scacchi, che conosce il gioco non soltanto come oggetto di studio ma come esperienza vissuta, con le sue emozioni, le sue sfide cognitive, la sua peculiare bellezza.

Il percorso che il lettore affronterà in questo libro segue una traiettoria che parte dalla storia per giungere alla riflessione critica. La prima parte ripercorre le origini del confronto tra mente umana e macchina sulla scacchiera, dalle intuizioni teoriche di Turing e Shannon ai primi programmi sperimentali, fino al momento epocale di Deep Blue. La seconda parte esplora la rivoluzione portata dall'apprendimento automatico, con l'avvento di AlphaZero e dei sistemi neurali, analizzando le partite, i metodi e le implicazioni di questo cambiamento di paradigma. La terza parte esamina l'impatto che l'intelligenza artificiale ha avuto sulla pratica concreta degli scacchi: la preparazione dei giocatori professionisti, la

teoria delle aperture, il problema del cheating, la trasformazione della cultura scacchistica nell'era digitale. La quarta parte, infine, amplia lo sguardo ai profili filosofici, etici e giuridici, offrendo una riflessione che dagli scacchi si estende al rapporto complessivo tra uomo e intelligenza artificiale nella società contemporanea.

È convinzione di chi scrive che gli scacchi, proprio per la loro natura di microcosmo intellettuale perfettamente definito, possano offrire al lettore – sia esso appassionato di scacchi, studioso di intelligenza artificiale, giurista o semplicemente persona curiosa dei grandi cambiamenti del nostro tempo – una prospettiva illuminante sulle sfide che ci attendono. La partita tra mente e macchina, iniziata più di settant'anni fa, è tutt'altro che conclusa: si è semplicemente trasformata da sfida a dialogo, da competizione a collaborazione, aprendo scenari di cui stiamo appena cominciando a intravedere la portata. Questo libro vuole essere una guida per orientarsi in tale trasformazione, con il rigore dello studioso e la passione del giocatore.

PARTE PRIMA

Le origini del confronto

Capitolo 1

Gli scacchi come paradigma dell'intelligenza

Sommario: *1. Dalle origini orientali alla scacchiera moderna: il cammino millenario del gioco – 2. La consacrazione degli scacchi come modello del pensiero razionale – 3. Le proprietà formali degli scacchi e la nascita del laboratorio dell'intelligenza artificiale.*

---

1. Dalle origini orientali alla scacchiera moderna: il cammino millenario del gioco

La storia degli scacchi affonda le sue radici in un passato remoto e in parte ancora avvolto nel mistero, e la ricostruzione delle origini del gioco è essa stessa un'impresa intellettuale affascinante, che intreccia archeologia, filologia, storia delle religioni e storia della matematica. La tesi più accreditata dalla storiografia contemporanea individua la culla degli scacchi nell'India settentrionale del VI secolo dopo Cristo, dove il gioco era conosciuto con il nome di chaturanga, termine sanscrito che significa letteralmente "quattro arti" o "quattro divisioni", con riferimento alle quattro componenti dell'esercito indiano classico: fanteria, cavalleria, carri ed elefanti. Il chaturanga si giocava su un tavoliere di sessantaquattro caselle, l'ashtapada, che era già utilizzato in India per altri giochi, e prevedeva quattro giocatori, ciascuno con un set di pezzi corrispondenti alle quattro armi, con il movimento delle pedine determinato dal lancio di dadi. La componente aleatoria, che oggi appare estranea alla natura degli scacchi, era in realtà coerente con la concezione indiana del destino e del fato, e rifletteva una visione del mondo in cui la strategia umana doveva misurarsi con l'imprevedibilità del caso. La trasformazione del gioco dalla versione a quattro giocatori con dadi alla versione a due giocatori senza elementi casuali, che costituisce il nucleo degli scacchi come li conosciamo, avvenne probabilmente in India stessa o nelle regioni limitrofe, in un processo graduale che si colloca tra il VI e il VII secolo.

La diffusione del gioco verso occidente avvenne principalmente attraverso la Persia sasanide, dove il chaturanga fu accolto con entusiasmo e ribattezzato chatrang. I persiani eliminarono definitivamente i dadi, trasformando il gioco in

un confronto puramente intellettuale tra due avversari, e ne codificarono le regole in testi letterari che ne esaltavano il valore educativo e morale. Il Karnamak-i Ardashir-i Papakan, un romanzo epico del VII secolo, descrive l'apprendimento del chatrang come parte essenziale della formazione di un principe, alla pari dell'equitazione e della caccia. Quando gli arabi conquistarono la Persia nel VII secolo, adottarono il gioco con il nome di shatranj, adattandolo alla propria cultura e sviluppando una ricchissima tradizione teorica. I primi trattati sistematici di scacchi della storia furono opera di autori arabi come al-Adli, ar-Razi e as-Suli, che tra il IX e il X secolo catalogarono aperture, finali e problemi composti con una sistematicità che non aveva precedenti. La cultura islamica diede agli scacchi un impulso decisivo anche dal punto di vista concettuale: il divieto coranico delle immagini portò alla stilizzazione dei pezzi, trasformandoli da figure rappresentative in forme astratte, e questo processo di astrazione contribuì paradossalmente a rafforzare la dimensione puramente intellettuale del gioco, liberandolo dalla sua originaria connotazione mimetico-militare.

L'arrivo degli scacchi in Europa, avvenuto attraverso molteplici canali – la Spagna moresca, la Sicilia normanna, Bisanzio, le Crociate – tra il X e l'XI secolo, segnò l'inizio di una nuova fase nella storia del gioco. L'Europa medievale accolse gli scacchi come un'attività aristocratica di prim'ordine, inserendoli nel curriculum delle sette probitates del cavaliere, accanto alla scherma, all'equitazione, al nuoto, alla caccia, al versificare e al gioco della palla. Il Libro de los juegos, commissionato da Alfonso X il Saggio nel 1283, è un capolavoro enciclopedico che testimonia il prestigio culturale degli scacchi nella Spagna del XIII secolo, presentandoli come il gioco che meglio esercita l'intelletto e la capacità di giudizio. Ma fu soprattutto tra il XV e il XVI secolo che gli scacchi europei assunsero la forma che conosciamo oggi, con l'introduzione delle regole moderne: la donna, che nello shatranj era il pezzo più debole, divenne il più potente della scacchiera, e l'alfiere acquistò la capacità di muoversi lungo l'intera diagonale. Queste riforme, che la tradizione associa alla Spagna e all'Italia dell'epoca rinascimentale, accelerarono enormemente il ritmo del gioco e ne ampliarono la complessità tattica, dando origine alla scuola italiana di Greco e di Polerio e, successivamente, alla grande tradizione francese di Philidor.

Il significato culturale di questa evoluzione non può essere sottovalutato. Gli scacchi, nel loro percorso millenario dall'India all'Europa, subirono una trasformazione che riflette le grandi mutazioni del pensiero umano: da gioco legato al fato e al caso divennero gioco di pura razionalità; da simulazione bellica si trasformarono in esercizio intellettuale astratto; da passatempo aristocratico si aprirono progressivamente a tutti i ceti sociali. Ogni civiltà che li adottò vi proiettò i propri valori: i persiani vi videro la saggezza del sovrano, gli arabi l'eccellenza del calcolo matematico, gli europei medievali la virtù cavalleresca, gli illuministi il trionfo della ragione. Questa straordinaria capacità del gioco di funzionare come specchio delle culture che lo praticano è una delle ragioni per cui, come vedremo, gli scacchi diventeranno il terreno ideale per una sfida che trascende il gioco stesso: quella tra intelligenza umana e intelligenza artificiale.

2. La consacrazione degli scacchi come modello del pensiero razionale

La consacrazione degli scacchi come paradigma del pensiero razionale conobbe un'accelerazione decisiva a partire dal XVIII secolo, quando il gioco divenne oggetto di riflessione sistematica da parte di filosofi, matematici e scienziati, assumendo progressivamente il ruolo di modello privilegiato per indagare la natura dell'intelligenza. Un momento fondamentale di questa transizione è rappresentato dal saggio di Benjamin Franklin, The Morals of Chess, pubblicato nel 1786, in cui il padre fondatore americano sosteneva che gli scacchi sviluppano qualità cognitive essenziali: la previdenza, ossia la capacità di anticipare le conseguenze delle proprie azioni; la prudenza, intesa come attenta valutazione di tutte le circostanze; la cautela, che insegna a non agire con precipitazione; e infine la perseveranza, la capacità di non scoraggiarsi nelle posizioni difficili. Franklin non analizzava gli scacchi come gioco in sé, ma come palestra della mente, strumento di formazione del carattere e dell'intelletto: una concezione che avrebbe avuto una fortuna duratura e che anticipava, per molti versi, l'idea moderna degli scacchi come modello cognitivo.

Fu però il XIX secolo a segnare il vero punto di svolta, con l'emergere degli scacchi come fenomeno culturale di massa e come oggetto di indagine scientifica. La nascita dei tornei internazionali, a partire dal grande torneo di Londra del 1851

vinto da Adolf Anderssen, e l'istituzione del campionato del mondo con Wilhelm Steinitz nel 1886, trasformarono gli scacchi da passatempo colto in disciplina agonistica strutturata, dotata di una propria gerarchia, di una propria letteratura tecnica e di un proprio pubblico appassionato. Steinitz, in particolare, fu una figura rivoluzionaria: non si limitò a vincere partite, ma elaborò una teoria sistematica del gioco posizionale, fondata sull'idea che la vittoria non dipende da colpi tattici isolati ma dall'accumulo metodico di piccoli vantaggi strutturali. La sua concezione degli scacchi come sistema governato da principi generali razionalmente formulabili fu, in un certo senso, il primo tentativo di formalizzare la conoscenza scacchistica, e anticipò lo spirito con cui, un secolo dopo, i programmatori avrebbero cercato di tradurre la sapienza scacchistica in algoritmi computazionali.

Nel corso del Novecento, gli scacchi divennero un campo di indagine privilegiato per la psicologia cognitiva, la teoria dei giochi e la nascente scienza dell'intelligenza artificiale. Il contributo della psicologia fu particolarmente significativo. Gli studi pionieristici di Alfred Binet alla fine dell'Ottocento, seguiti dalle ricerche di Adriaan de Groot negli anni Quaranta e dalla celebre serie di esperimenti di Herbert Simon e William Chase negli anni Settanta, rivelarono aspetti fondamentali del pensiero scacchistico e, più in generale, del funzionamento della mente esperta. De Groot, grande maestro olandese e psicologo, scoprì che i giocatori forti non si distinguono dai deboli per la capacità di calcolare più varianti, ma per la capacità di riconoscere immediatamente le caratteristiche salienti di una posizione, selezionando fin dall'inizio le mosse candidate più promettenti. Chase e Simon approfondirono questa intuizione con esperimenti memorabili: mostrarono che i grandi maestri, posti di fronte a una posizione tratta da una partita reale, erano capaci di ricostruirla quasi perfettamente dopo una breve esposizione, ma se la posizione era stata composta collocando i pezzi a caso, le loro prestazioni erano pari a quelle dei principianti. Ciò dimostrava che la superiorità degli esperti non risiede in una memoria superiore in senso generico, ma nella capacità di organizzare l'informazione in strutture significative, i cosiddetti chunks, che permettono di comprimere enormi quantità di informazione in unità cognitive gestibili.

Questa scoperta ebbe un impatto profondo tanto sulla psicologia cognitiva quanto sulla ricerca in intelligenza artificiale. Sul versante psicologico, contribuì a superare la concezione dell'intelligenza come pura capacità di calcolo, mostrando che il pensiero esperto è fondamentalmente un processo di riconoscimento di configurazioni e di analogie: il grande maestro non calcola tutte le possibilità, ma riconosce la posizione come appartenente a una famiglia di posizioni già note, e da questa classificazione ricava indicazioni strategiche. Sul versante dell'intelligenza artificiale, la ricerca psicologica sugli scacchi pose una questione cruciale che accompagnerà l'intera storia della disciplina: è possibile costruire un'intelligenza artificiale che pensi come un essere umano, oppure la strada più efficace è quella di sfruttare la potenza bruta del calcolo, seguendo un percorso radicalmente diverso da quello della mente umana? Questa domanda, come vedremo nei capitoli successivi, sarà al centro della sfida tra i programmi scacchistici basati sulla forza bruta, come Deep Blue, e quelli basati sull'apprendimento automatico, come AlphaZero.

Il contributo della teoria dei giochi alla riflessione sugli scacchi meritò un capitolo a sé nella storia delle idee. John von Neumann, nel suo lavoro fondativo del 1928 sulla teoria dei giochi a somma zero, aveva utilizzato proprio gli scacchi come esempio paradigmatico di gioco a informazione perfetta, dimostrando matematicamente l'esistenza di una strategia ottimale per ciascun giocatore. Il teorema minimax di von Neumann stabilisce che in ogni gioco finito a somma zero con informazione perfetta, come gli scacchi, esiste un valore determinato del gioco: in teoria, il risultato di una partita perfettamente giocata da entrambi i lati è predeterminato, anche se la complessità combinatoria rende impossibile calcolarlo con le risorse attuali. Questa intuizione fu fondamentale per lo sviluppo dei programmi scacchistici: l'algoritmo minimax, e la sua versione ottimizzata nota come potatura alfa-beta, divennero il cuore di tutti i motori scacchistici per oltre mezzo secolo, fino all'avvento delle reti neurali. Gli scacchi, in altre parole, non furono soltanto un banco di prova empirico per l'IA, ma contribuirono direttamente allo sviluppo degli strumenti teorici e algoritmici che ne costituiscono le fondamenta.

3. Le proprietà formali degli scacchi e la nascita del laboratorio dell'intelligenza artificiale

Le caratteristiche formali degli scacchi che ne hanno fatto il laboratorio ideale per l'intelligenza artificiale meritano un'analisi approfondita, poiché la loro comprensione è essenziale per apprezzare tanto i successi quanto i limiti dell'IA scacchistica e, per estensione, dell'intelligenza artificiale nel suo complesso. Gli scacchi appartengono alla categoria dei giochi a informazione perfetta, a somma zero, deterministici e sequenziali. Ciascuna di queste proprietà ha implicazioni profonde per la progettazione dei sistemi artificiali.

L'informazione perfetta significa che entrambi i giocatori hanno accesso completo allo stato del gioco in ogni momento: non vi sono carte coperte, pezzi nascosti o elementi sconosciuti. Ogni decisione viene presa sulla base di una conoscenza totale della situazione. Questa proprietà distingue nettamente gli scacchi da giochi come il poker, il bridge o molti giochi di strategia moderni, in cui l'incertezza sulle intenzioni e sulle risorse dell'avversario gioca un ruolo cruciale. Per l'intelligenza artificiale, l'informazione perfetta è una semplificazione enorme: elimina la necessità di modellare le credenze, le intenzioni e le strategie ingannevoli dell'avversario, riducendo il problema alla ricerca della mossa migliore in un albero di possibilità perfettamente definito. Non è un caso che i primi successi dell'IA si siano concentrati su giochi a informazione perfetta come scacchi, dama e go, mentre i giochi a informazione imperfetta come il poker abbiano resistito molto più a lungo ai tentativi di soluzione automatica.

Il determinismo significa che il gioco non contiene elementi casuali: non si lanciano dadi, non si pescano carte, non vi sono eventi aleatori che influenzano il corso della partita. Ogni posizione è il risultato esclusivo delle mosse precedenti dei due giocatori, e ogni mossa produce un risultato completamente prevedibile. Questa proprietà è fondamentale per l'approccio basato sulla ricerca ad albero: poiché ogni sequenza di mosse conduce a un risultato determinato, è possibile in linea di principio esplorare tutte le sequenze possibili e scegliere quella che porta al risultato migliore. In pratica, naturalmente, il numero di sequenze possibili è talmente vasto da rendere impossibile l'esplorazione esaustiva, e proprio questa

tensione tra la determinatezza teorica e l'intrattabilità pratica è ciò che rende gli scacchi un problema computazionale così interessante e stimolante.

La complessità combinatoria degli scacchi è infatti di un ordine di grandezza quasi inconcepibile. Il numero di Shannon, dal nome del padre della teoria dell'informazione che lo calcolò nel 1950, stima in circa 10 alla 120 il numero di partite possibili a scacchi. Per dare un'idea della portata di questa cifra, il numero di atomi nell'universo osservabile è stimato in circa 10 alla 80: il numero di possibili partite di scacchi è dunque incomparabilmente più grande del numero di particelle che compongono l'intero cosmo. Il numero di posizioni legalmente raggiungibili è stimato tra 10 alla 44 e 10 alla 47, e in una posizione tipica di mediogioco un giocatore ha a disposizione mediamente 30-35 mosse legali. Questa esplosione combinatoria significa che nessun computer, per quanto potente, potrà mai risolvere gli scacchi con la forza bruta, ossia esplorando tutte le possibili sequenze di mosse dall'inizio alla fine della partita. Per confronto, la dama, con la sua complessità enormemente inferiore, è stata risolta nel 2007 da un team della University of Alberta guidato da Jonathan Schaeffer, che ha dimostrato che il gioco perfetto da entrambe le parti conduce alla patta. Per gli scacchi, una soluzione analoga è al di là di qualsiasi capacità computazionale presente o prevedibile.

È proprio questa intrattabilità che ha reso gli scacchi il terreno ideale per lo sviluppo delle tecniche euristiche, ossia di quei metodi che, rinunciando alla certezza dell'esplorazione esaustiva, cercano soluzioni approssimativamente buone in tempi ragionevoli. La storia dell'intelligenza artificiale scacchistica è, in larga misura, la storia dell'evoluzione di queste euristiche: dalla funzione di valutazione di Shannon, che assegnava un punteggio numerico a ciascuna posizione basandosi su fattori come il materiale, la struttura pedonale e il controllo del centro, alla potatura alfa-beta, che permette di eliminare dalla ricerca intere branche dell'albero senza perdere informazione, fino alle tabelle di trasposizione, ai libri di apertura e alle basi di dati dei finali. Ciascuna di queste innovazioni rappresenta un esempio paradigmatico di come l'intelligenza artificiale affronta problemi troppo complessi per essere risolti con la forza bruta: non esplorando tutto, ma scegliendo con intelligenza cosa esplorare.

Ma vi è un'altra dimensione della complessità scacchistica che merita attenzione e che avrà un ruolo centrale nella storia che racconteremo: la distinzione tra complessità tattica e complessità strategica. La tattica scacchistica riguarda il calcolo concreto delle varianti: se muovo qui, lui risponde là, io replico così, e dopo cinque mosse catturo la sua donna. La strategia, invece, riguarda la valutazione posizionale a lungo termine: la struttura pedonale è solida o compromessa? I pezzi sono attivi o passivi? Il re è al sicuro? La posizione ha potenziale dinamico o è destinata alla stasi? I programmi scacchistici tradizionali, basati sulla ricerca ad albero, eccellono nella tattica: sono capaci di calcolare milioni di posizioni al secondo e di individuare combinazioni che sfuggono anche ai più forti grandi maestri. Ma la strategia, che richiede una comprensione globale della posizione e una visione di lungo periodo, è storicamente stata il punto debole dei motori scacchistici, perché non si presta altrettanto bene alla formalizzazione algoritmica. È significativo che AlphaZero abbia stupito il mondo scacchistico non tanto per la sua forza tattica, quanto per la sua comprensione strategica apparentemente profonda: la capacità di sacrificare materiale per ottenere compensi posizionali di lungo termine, di condurre manovre complesse che si dispiegano su decine di mosse, di giocare in modo che i grandi maestri hanno definito artistico e creativo. Questa capacità, emersa da un processo di auto-apprendimento senza alcuna programmazione esplicita della conoscenza strategica, costituisce uno dei risultati più sorprendenti e filosoficamente significativi dell'intera storia dell'intelligenza artificiale, e sarà oggetto di approfondita analisi nei capitoli dedicati alla rivoluzione dell'apprendimento automatico.

In definitiva, gli scacchi si sono imposti come paradigma dell'intelligenza non per caso, ma in virtù di una convergenza unica di proprietà: la profonda radicazione nella cultura umana, che conferisce al gioco un significato che trascende l'ambito ludico; la struttura formale perfettamente definita, che lo rende accessibile all'analisi matematica e computazionale; la complessità combinatoria estrema, che pone sfide al limite delle capacità tanto umane quanto artificiali; e la ricchezza della dimensione strategica, che solleva domande fondamentali sulla natura della comprensione, della creatività e dell'intelligenza stessa. Il cammino che percorreremo nei capitoli seguenti mostrerà come queste proprietà abbiano

fatto degli scacchi non soltanto il primo grande campo di battaglia tra mente e macchina, ma anche il laboratorio in cui si sono forgiati i concetti, gli algoritmi e le idee che oggi plasmano l'intelligenza artificiale nel suo complesso.

Capitolo 2

I pionieri: Turing, Shannon e l'idea di una macchina che gioca

Sommario: *1. Alan Turing e il sogno di una macchina pensante – 2. Claude Shannon e la teoria della programmazione scacchistica – 3. I primi esperimenti e la nascita dell'intelligenza artificiale come disciplina.*

---

1. Alan Turing e il sogno di una macchina pensante

Per comprendere come l'intelligenza artificiale scacchistica sia nata e si sia sviluppata, occorre risalire a un momento preciso della storia intellettuale del Novecento: gli anni immediatamente successivi alla Seconda guerra mondiale, quando un ristretto gruppo di scienziati visionari, reduci dall'esperienza della crittografia bellica e della costruzione dei primi calcolatori elettronici, cominciò a chiedersi se le macchine potessero non soltanto calcolare, ma pensare. Al centro di questa rivoluzione concettuale si colloca la figura di Alan Mathison Turing, matematico britannico la cui opera ha plasmato in modo indelebile il concetto stesso di computazione e che, con intuizione straordinaria, individuò negli scacchi il terreno ideale per esplorare la possibilità di un'intelligenza meccanica.

Il contributo di Turing alla scienza della computazione era già, all'epoca, immenso. Nel 1936, con il celebre articolo On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, aveva introdotto il concetto di macchina universale – quella che oggi chiamiamo macchina di Turing – dimostrando che un singolo dispositivo astratto poteva simulare qualsiasi procedura computazionale effettiva, purché questa fosse descrivibile in termini algoritmici. Durante la guerra, aveva guidato il lavoro di decrittazione a Bletchley Park, contribuendo in modo decisivo alla decifrazione del codice Enigma tedesco e

acquisendo una familiarità pratica senza precedenti con le possibilità e i limiti dei dispositivi di calcolo elettromeccanici ed elettronici. Quando la guerra finì, Turing era forse la persona al mondo che meglio comprendeva sia i fondamenti teorici della computazione sia le sfide ingegneristiche della sua realizzazione pratica, e fu naturale che il suo pensiero si rivolgesse alla domanda più ambiziosa che un teorico della computazione potesse porsi: una macchina può pensare?

La risposta di Turing a questa domanda fu articolata, profonda e, per certi versi, provocatoria. Nel suo celebre articolo del 1950, Computing Machinery and Intelligence, pubblicato sulla rivista Mind, Turing propose di sostituire la domanda filosofica "le macchine possono pensare?" con una domanda operativa: "una macchina può comportarsi in modo indistinguibile da un essere umano in una conversazione?". Questo criterio, noto come test di Turing, spostava il dibattito dal piano metafisico a quello comportamentale e sperimentale, con una mossa intellettuale che rifletteva la formazione logico-matematica del suo autore. Ma l'articolo conteneva anche una serie di riflessioni sulla possibilità che le macchine potessero apprendere dall'esperienza, migliorare le proprie prestazioni attraverso la pratica e sviluppare capacità che non erano state esplicitamente programmate: intuizioni che anticipavano di decenni il paradigma dell'apprendimento automatico.

È in questo contesto intellettuale che Turing rivolse la sua attenzione agli scacchi. Per lui, il gioco degli scacchi rappresentava un caso di studio ideale per molteplici ragioni. Innanzitutto, gli scacchi richiedono indiscutibilmente intelligenza quando sono giocati da esseri umani: la capacità di valutare posizioni complesse, di formulare piani strategici, di anticipare le risposte dell'avversario è universalmente riconosciuta come espressione di un'intelligenza di alto livello. In secondo luogo, gli scacchi sono un dominio perfettamente formalizzabile: le regole sono precise, lo stato del gioco è completamente osservabile, il risultato di ogni mossa è deterministico. Queste proprietà rendevano il gioco accessibile all'analisi algoritmica in un modo che attività intellettuali più sfumate, come la composizione poetica o il ragionamento morale, non erano. In terzo luogo, gli scacchi offrivano un criterio di successo chiaro e misurabile: un programma scacchistico poteva

essere valutato giocando contro avversari umani, e la sua forza poteva essere quantificata con precisione.

Turing non si limitò a riflettere teoricamente sulla possibilità di un programma scacchistico: ne scrisse effettivamente uno, a mano, nel 1951 o 1952, quando ancora non disponeva di un calcolatore sufficientemente potente per eseguirlo. L'algoritmo, noto come Turochamp, rappresenta il primo programma di scacchi della storia nel senso concettuale del termine, anche se non fu mai eseguito su una macchina durante la vita di Turing. Il programma implementava una ricerca ad albero limitata a due mosse di profondità – la mossa del giocatore e la risposta dell'avversario – seguita da una valutazione statica della posizione risultante basata su criteri come il valore materiale dei pezzi, la mobilità, la sicurezza del re e la possibilità di dare scacco. Turing testò il suo algoritmo eseguendolo manualmente, facendo le veci del calcolatore e impiegando circa mezz'ora per ogni mossa. In una partita divenuta celebre, giocata contro il collega Alick Glennie nel 1952, il programma perse, ma produsse mosse riconoscibilmente sensate nelle fasi iniziali della partita, dimostrando che un procedimento puramente meccanico poteva generare un comportamento scacchistico minimamente coerente.

L'importanza del Turochamp va ben al di là della sua forza di gioco, che era ovviamente modesta. Il programma incarnava un'idea rivoluzionaria: che l'attività intellettuale potesse essere scomposta in operazioni elementari eseguibili da una macchina, e che la combinazione sistematica di queste operazioni potesse produrre un comportamento che, osservato dall'esterno, appariva intelligente. Turing era perfettamente consapevole dei limiti del suo approccio e delle obiezioni che potevano essergli mosse. Nell'articolo del 1950, aveva esplicitamente affrontato l'obiezione secondo cui una macchina che gioca a scacchi non pensa davvero, ma si limita a seguire istruzioni meccaniche, rispondendo che lo stesso argomento potrebbe essere applicato al cervello umano, il quale, in ultima analisi, opera attraverso processi biochimici che obbediscono alle leggi della fisica. Questa posizione filosofica, che oggi definiremmo funzionalista, implicava che ciò che conta non è il substrato materiale del pensiero – neuroni biologici o circuiti elettronici – ma la struttura funzionale dei processi computazionali che vi si

svolgono. Gli scacchi, in questa prospettiva, non erano soltanto un banco di prova tecnico, ma un argomento filosofico in forma di gioco: se una macchina può giocare a scacchi in modo intelligente, allora la differenza tra intelligenza umana e intelligenza artificiale è una questione di grado, non di natura.

2. Claude Shannon e la teoria della programmazione scacchistica

Se Turing rappresenta il versante filosofico e visionario della nascita dell'IA scacchistica, Claude Elwood Shannon ne incarna il versante ingegneristico e sistematico. Matematico e ingegnere elettrico americano, Shannon è universalmente riconosciuto come il padre della teoria dell'informazione, grazie al suo articolo fondativo del 1948, A Mathematical Theory of Communication, che pose le basi matematiche per l'intera era digitale. Ma il contributo di Shannon che ci interessa più direttamente in questa sede è un altro: l'articolo del 1950 intitolato Programming a Computer for Playing Chess, pubblicato nel Philosophical Magazine, che rappresenta il primo trattamento sistematico e rigoroso del problema della programmazione scacchistica e che ha influenzato profondamente lo sviluppo dell'IA scacchistica per i successivi cinquant'anni.

L'articolo di Shannon è un capolavoro di chiarezza analitica. Il matematico americano affrontava il problema della programmazione scacchistica non come un esercizio ludico, ma come un caso esemplare di una classe più ampia di problemi: quelli in cui un calcolatore deve prendere decisioni in condizioni di complessità computazionale tale da rendere impossibile l'esplorazione esaustiva di tutte le alternative. Shannon riconosceva esplicitamente che un gioco come gli scacchi non poteva essere risolto con la forza bruta: anche supponendo che un calcolatore potesse esaminare una variante in un microsecondo, sarebbero occorsi circa 10 alla 90 anni per esplorare tutte le possibili continuazioni da una posizione di mediogioco tipica, un tempo incommensurabilmente superiore all'età dell'universo. Il problema, dunque, non era di potenza di calcolo, ma di metodo: occorreva trovare il modo di selezionare, tra le infinite possibilità, quelle più promettenti, imitando in qualche misura il processo di selezione che un giocatore umano compie naturalmente.

Per affrontare questo problema, Shannon propose due strategie fondamentali, che battezzò Tipo A e Tipo B, e che avrebbero definito le due principali filosofie della programmazione scacchistica per i decenni a venire. La strategia di Tipo A, che Shannon chiamava anche strategia della forza bruta, consisteva nell'esplorare tutte le mosse possibili fino a una determinata profondità, valutando la posizione risultante con una funzione di valutazione statica e scegliendo la mossa che conduceva alla valutazione più favorevole. Questo approccio aveva il vantaggio della semplicità e della completezza: non trascurava alcuna possibilità entro l'orizzonte di ricerca stabilito. Ma aveva un limite intrinseco evidente: la crescita esponenziale del numero di posizioni da esaminare al crescere della profondità, il cosiddetto fattore di ramificazione, che negli scacchi è mediamente di 30-35 mosse per posizione. Una ricerca a quattro mosse di profondità richiedeva già l'esame di circa un milione di posizioni; una ricerca a otto mosse, circa un bilione. La strategia di Tipo A era dunque praticabile solo a profondità limitate, e la qualità del gioco dipendeva criticamente dalla qualità della funzione di valutazione, che doveva compensare con la sua accuratezza ciò che la ricerca non poteva raggiungere con la profondità.

La strategia di Tipo B, che Shannon considerava più vicina al modo in cui giocano gli esseri umani, consisteva nell'esplorare selettivamente solo le mosse più promettenti, scartando fin dall'inizio quelle che apparivano manifestamente deboli o irrilevanti. Questo approccio permetteva di raggiungere profondità di ricerca molto maggiori nelle varianti critiche, concentrando le risorse computazionali là dove erano più necessarie. Ma presentava una difficoltà fondamentale: come decidere quali mosse sono promettenti e quali no, senza averle prima esplorate? La selezione delle mosse candidate richiedeva una forma di conoscenza scacchistica che doveva essere incorporata nel programma, e la qualità di questa conoscenza era difficile da formalizzare e da tradurre in algoritmi. La tensione tra l'approccio di Tipo A e l'approccio di Tipo B avrebbe attraversato l'intera storia della programmazione scacchistica, e la vittoria di Deep Blue nel 1997 sarebbe stata, in larga misura, il trionfo della strategia di Tipo A, resa praticabile dalla crescita vertiginosa della potenza di calcolo. Ma la storia non si sarebbe fermata lì: l'avvento di AlphaZero, vent'anni dopo, avrebbe riaperto la questione in termini completamente nuovi, dimostrando che un sistema capace di apprendere

autonomamente la propria funzione di valutazione poteva superare sia la forza bruta sia la programmazione esplicita della conoscenza.

Shannon definì anche i componenti essenziali di qualsiasi programma scacchistico, componenti che sarebbero rimasti invariati, nella loro struttura concettuale, per oltre mezzo secolo: un generatore di mosse, capace di produrre l'elenco di tutte le mosse legali in una data posizione; una funzione di valutazione, capace di assegnare un punteggio numerico a ciascuna posizione, esprimendo il vantaggio di un giocatore sull'altro; un algoritmo di ricerca, capace di esplorare l'albero delle possibilità a una determinata profondità e di scegliere la mossa migliore utilizzando il principio minimax; e un criterio di arresto, che determinava quando interrompere la ricerca e applicare la funzione di valutazione. La funzione di valutazione proposta da Shannon teneva conto di fattori come il valore materiale dei pezzi, espressi in unità convenzionali dove il pedone vale 1, il cavallo e l'alfiere 3, la torre 5 e la donna 9; la mobilità dei pezzi, misurata dal numero di mosse legali disponibili; la struttura pedonale, con penalizzazioni per pedoni doppiati, isolati o arretrati; e il controllo del centro. Questa funzione, pur nella sua semplicità, catturava i principi fondamentali della valutazione scacchistica e sarebbe servita come modello per tutte le funzioni di valutazione successive, che ne avrebbero raffinato e ampliato i criteri senza modificarne la logica di fondo.

L'articolo di Shannon conteneva anche un'intuizione che si sarebbe rivelata profetica: la possibilità di utilizzare basi di dati precalcolate per i finali, ossia per le posizioni con pochi pezzi rimasti sulla scacchiera. Shannon osservò che, mentre le posizioni di mediogioco sono troppo numerose per essere catalogate, i finali con un numero limitato di pezzi possono essere risolti in modo esaustivo, determinando per ciascuna posizione il risultato ottimale con gioco perfetto da entrambe le parti. Questa idea fu realizzata concretamente a partire dagli anni Ottanta, quando Ken Thompson e successivamente Eugene Nalimov costruirono le cosiddette tablebases, basi di dati che contenevano la soluzione perfetta di tutti i finali con un numero crescente di pezzi. Le tablebases rivelarono risultati sorprendenti, mostrando che in alcuni finali il gioco perfetto richiede sequenze di oltre duecento mosse per raggiungere lo scacco matto, sequenze di una complessità tale da essere completamente al di là della comprensione umana.

Questo risultato illustrava in modo eloquente un tema che sarebbe diventato centrale nel dibattito sull'intelligenza artificiale: la differenza tra la capacità di trovare la soluzione corretta e la capacità di comprenderla.

3. I primi esperimenti e la nascita dell'intelligenza artificiale come disciplina

Le idee di Turing e Shannon non rimasero a lungo nel dominio della pura teoria. A partire dalla metà degli anni Cinquanta, la crescente disponibilità di calcolatori elettronici permise di tradurre in pratica i principi della programmazione scacchistica, e i programmi di scacchi divennero uno dei filoni di ricerca più attivi e visibili della nascente intelligenza artificiale. Il contesto in cui questo avvenne è essenziale per comprendere la portata dell'impresa: i calcolatori degli anni Cinquanta erano macchine enormi, costosissime, con capacità di memoria e velocità di elaborazione che oggi appaiono ridicolmente limitate. Un calcolatore come l'IBM 704, uno dei più avanzati dell'epoca, poteva eseguire circa quarantamila operazioni aritmetiche al secondo e disponeva di una memoria di appena trentaduemila parole: una potenza di calcolo inferiore a quella di una moderna calcolatrice tascabile. Eppure, fu su macchine come queste che si compirono i primi passi verso la realizzazione di un'intelligenza artificiale scacchistica, e i risultati ottenuti, per quanto modesti in termini di forza di gioco, ebbero un impatto scientifico e culturale straordinario.

Il primo programma di scacchi effettivamente funzionante su un calcolatore elettronico fu quello sviluppato nel 1956 da un team del Los Alamos Scientific Laboratory, guidato da Paul Stein, Mark Wells e John Pasta. Questo programma, noto come il programma di Los Alamos, girava su un calcolatore MANIAC I e, per ragioni di limitazioni computazionali, giocava su una scacchiera ridotta di 6×6 caselle, senza alfieri. Nonostante queste semplificazioni drastiche, il programma impiegava circa dodici minuti per calcolare una singola mossa e il suo livello di gioco era estremamente debole, paragonabile a quello di un principiante assoluto. Eppure, il programma riuscì a vincere una partita contro una persona che aveva imparato a giocare a scacchi da poche settimane, e questa vittoria, per quanto insignificante dal punto di vista scacchistico, fu salutata come una dimostrazione

di principio fondamentale: una macchina poteva giocare a scacchi e, in determinate circostanze, poteva battere un avversario umano.

Nello stesso periodo, una figura destinata a segnare profondamente la storia dell'intelligenza artificiale stava sviluppando un approccio diverso e, per certi versi, più ambizioso. Arthur Samuel, ricercatore presso i laboratori IBM, aveva iniziato nel 1952 a lavorare su un programma per giocare a dama, scegliendo questo gioco al posto degli scacchi per la sua minore complessità computazionale. Il programma di Samuel è storicamente rilevante non tanto per la sua forza di gioco, che pure raggiunse livelli rispettabili, quanto per l'introduzione di un'idea rivoluzionaria: l'apprendimento automatico. Samuel programmò il suo sistema in modo che potesse migliorare le proprie prestazioni giocando contro sé stesso, modificando automaticamente i parametri della propria funzione di valutazione sulla base dei risultati ottenuti. Questa tecnica, che anticipava di decenni il paradigma dell'apprendimento per rinforzo, dimostrava che una macchina poteva acquisire competenza senza che ogni aspetto del suo comportamento fosse esplicitamente programmato da un essere umano. Samuel coniò il termine machine learning per descrivere questo processo, e il suo programma di dama restò per anni uno degli esempi più citati nelle presentazioni pubbliche delle potenzialità dei calcolatori elettronici.

L'anno cruciale per la nascita dell'intelligenza artificiale come disciplina accademica autonoma fu il 1956, quando si tenne al Dartmouth College, nel New Hampshire, un seminario estivo organizzato da John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e lo stesso Claude Shannon. Fu in quell'occasione che venne coniato ufficialmente il termine artificial intelligence, e fu in quell'occasione che i partecipanti, tra cui figuravano molti dei futuri protagonisti del campo, delinearono un programma di ricerca che comprendeva esplicitamente il gioco degli scacchi come uno dei domini prioritari. La scelta non era casuale: gli scacchi offrivano un problema perfettamente definito, con criteri di successo chiari e misurabili, che poteva fungere da banco di prova per le idee e le tecniche che i ricercatori stavano sviluppando. Nel corso degli anni successivi, il progresso dei programmi scacchistici sarebbe stato utilizzato costantemente come metro di

misura dell'avanzamento dell'IA nel suo complesso, una pratica che, come vedremo, avrebbe avuto conseguenze tanto positive quanto fuorvianti.

Nei due decenni successivi alla conferenza di Dartmouth, i programmi scacchistici compirono progressi significativi ma lenti, ostacolati tanto dalle limitazioni dell'hardware quanto dalla difficoltà di formalizzare la conoscenza scacchistica in termini algoritmici. Un contributo fondamentale venne da un gruppo di ricercatori della Carnegie Mellon University, e in particolare da Allen Newell, Cliff Shaw e Herbert Simon, che nel 1958 svilupparono il programma NSS, basato su un approccio di tipo B alla Shannon, con una selezione esplicita delle mosse candidate guidata da regole euristiche. Simon, che sarebbe stato insignito del Premio Nobel per l'economia nel 1978 per i suoi studi sulla razionalità limitata, aveva una visione particolarmente ambiziosa delle potenzialità dell'IA: nel 1957 aveva predetto che entro dieci anni un programma di computer avrebbe battuto il campione del mondo di scacchi. Questa previsione, che si sarebbe rivelata prematura di quarant'anni, illustra una dinamica ricorrente nella storia dell'intelligenza artificiale: la tendenza dei ricercatori a sottovalutare la complessità dei problemi che affrontano e a sopravvalutare la velocità del progresso.

Un passo avanti decisivo nella tecnica di ricerca fu compiuto nel 1958 da un giovane ricercatore di nome John McCarthy, lo stesso che aveva organizzato la conferenza di Dartmouth e coniato il termine intelligenza artificiale. McCarthy, insieme al suo studente Alexander Brudno, formalizzò la tecnica della potatura alfa-beta, un'ottimizzazione dell'algoritmo minimax che permetteva di eliminare dalla ricerca intere branche dell'albero delle possibilità senza perdere informazione. L'idea alla base della potatura alfa-beta è elegante nella sua semplicità: se, esplorando una sequenza di mosse, si scopre che l'avversario ha a disposizione una risposta che rende la sequenza peggiore di una già trovata, non è necessario esplorare ulteriormente quella sequenza, poiché un avversario razionale sceglierà sicuramente quella risposta o una migliore. In condizioni ideali, la potatura alfa-beta permette di raddoppiare la profondità di ricerca rispetto al minimax puro a parità di tempo di calcolo, un miglioramento enorme che divenne il fondamento di tutti i programmi scacchistici successivi. La potatura alfa-beta,

insieme alle sue numerose varianti e perfezionamenti sviluppati nei decenni seguenti, costituisce forse il contributo tecnico più duraturo che la ricerca scacchistica ha offerto all'informatica e all'intelligenza artificiale in generale.

Verso la fine degli anni Sessanta e l'inizio degli anni Settanta, i programmi scacchistici avevano raggiunto un livello sufficiente a sconfiggere giocatori principianti e a competere con giocatori di club di livello intermedio, ma erano ancora lontanissimi dal poter sfidare un grande maestro. Il programma Mac Hack VI, sviluppato da Richard Greenblatt al MIT nel 1967, fu il primo a partecipare a un torneo scacchistico regolare contro giocatori umani, ottenendo un punteggio Elo di circa 1400, corrispondente a un giocatore dilettante di livello medio. Questo risultato, apparentemente modesto, rappresentava un progresso notevole rispetto ai programmi precedenti e suscitò un'attenzione mediatica considerevole. Ma il vero salto di qualità sarebbe arrivato nei decenni successivi, quando la crescita esponenziale della potenza di calcolo, descritta dalla legge di Moore, avrebbe finalmente reso praticabile la strategia della forza bruta immaginata da Shannon, portando i programmi scacchistici a sfidare e infine a superare i più forti giocatori del mondo. Quel cammino, che dal modesto Mac Hack VI avrebbe condotto al trionfante Deep Blue, è l'oggetto del capitolo che segue.

Capitolo 3

Dai primi programmi a Deep Blue

Sommario: *1. L'era della forza bruta: l'ascesa dei programmi scacchistici negli anni Settanta e Ottanta – 2. Il progetto Deep Blue: genesi, architettura e strategia di IBM – 3. La sfida del secolo: Kasparov contro Deep Blue, 1996–1997.*

---

1. L'era della forza bruta: l'ascesa dei programmi scacchistici negli anni Settanta e Ottanta

Il periodo compreso tra i primi anni Settanta e la fine degli anni Ottanta del Novecento segnò una trasformazione radicale nel panorama dell'intelligenza artificiale scacchistica, trasformazione resa possibile dalla convergenza di due fattori: la crescita esponenziale della potenza di calcolo dei microprocessori, perfettamente descritta dalla legge di Moore secondo cui il numero di transistor su un chip raddoppia approssimativamente ogni due anni, e il progressivo perfezionamento degli algoritmi di ricerca e delle funzioni di valutazione. Questi due fattori, agendo in sinergia, permisero ai programmi scacchistici di compiere un salto qualitativo impressionante, passando dal livello di giocatori dilettanti a quello di forti maestri, e ponendo le premesse per la sfida decisiva contro il campione del mondo che si sarebbe consumata negli anni Novanta.

Il decennio degli anni Settanta fu caratterizzato da una vivace competizione tra programmi scacchistici provenienti da università e centri di ricerca di tutto il mondo. A partire dal 1970, la Association for Computing Machinery cominciò a organizzare i North American Computer Chess Championships, tornei annuali che mettevano a confronto i migliori programmi del continente e che funzionavano sia come vetrina delle capacità dell'IA sia come stimolo per il progresso tecnico. Tra i protagonisti di questa stagione si distinsero programmi come Chess 3.0, sviluppato alla Northwestern University da David Slate e Larry Atkin, e Belle, sviluppato ai Bell Laboratories da Ken Thompson e Joe Condon. Chess 3.0 e i suoi successori, fino a Chess 4.7, adottavano un approccio di Tipo A alla Shannon, con una ricerca esaustiva a profondità crescente, perfezionata attraverso tecniche di

estensione selettiva che permettevano di approfondire la ricerca nelle varianti tatticamente critiche, come quelle che coinvolgevano catture, scacchi o promozioni di pedoni. Belle, dal canto suo, fu il primo programma a utilizzare hardware specializzato progettato appositamente per la ricerca scacchistica: un processore dedicato capace di valutare circa 160.000 posizioni al secondo, un numero all'epoca impressionante e che prefigurava l'approccio che avrebbe trionfato con Deep Blue.

Il progresso dei programmi in termini di punteggio Elo fu costante e misurabile. Se il Mac Hack VI di Greenblatt aveva raggiunto nel 1967 un punteggio di circa 1400, equivalente a un giocatore di club modesto, alla fine degli anni Settanta i migliori programmi avevano superato la soglia dei 2000, corrispondente a un giocatore esperto, e negli anni Ottanta raggiunsero e superarono il livello dei 2200, la soglia che nella classificazione della Federazione Internazionale degli Scacchi corrisponde al titolo di maestro candidato. Il progresso era guidato in misura prevalente dall'aumento della potenza di calcolo piuttosto che da innovazioni algoritmiche radicali: raddoppiando la velocità di ricerca, un programma poteva esplorare un livello in più di profondità, e ogni livello aggiuntivo si traduceva in un guadagno di forza di circa 200 punti Elo. Questa relazione quasi lineare tra velocità di calcolo e forza di gioco confermava l'efficacia della strategia della forza bruta e suggeriva che, con hardware sufficientemente potente, un programma avrebbe potuto raggiungere e superare il livello dei campioni del mondo.

Non tutti i ricercatori, tuttavia, condividevano l'entusiasmo per l'approccio della forza bruta. Una scuola di pensiero alternativa, guidata dal grande maestro e informatico Mikhail Botvinnik, ex campione del mondo sovietico, sosteneva che un vero programma di scacchi avrebbe dovuto imitare il processo di pensiero umano, incorporando conoscenza strategica profonda e ragionando in termini di piani e obiettivi piuttosto che di varianti concrete. Il progetto di Botvinnik, noto come Pioneer, tentò di implementare questa visione, ma non riuscì mai a produrre un programma competitivo, soprattutto per la difficoltà intrinseca di formalizzare la conoscenza strategica scacchistica in termini algoritmici. Un tentativo analogo fu condotto da Hans Berliner alla Carnegie Mellon University con il suo programma

HiTech, che combinava ricerca con hardware specializzato e una sofisticata funzione di valutazione basata sulla conoscenza scacchistica di Berliner, egli stesso campione mondiale di scacchi per corrispondenza. HiTech raggiunse un livello di grande maestro alla fine degli anni Ottanta, ma la sua complessità progettuale rendeva difficile il mantenimento e il miglioramento del sistema. La storia avrebbe dimostrato che, almeno nel dominio degli scacchi, la forza bruta combinata con funzioni di valutazione relativamente semplici ma calibrate con precisione si sarebbe rivelata più efficace degli approcci basati sulla conoscenza, un risultato che avrebbe avuto profonde implicazioni per la ricerca in intelligenza artificiale nel suo complesso.

Un evento che ebbe un'eco notevole nella comunità scacchistica e nell'opinione pubblica fu il match del 1988 tra il programma Deep Thought, sviluppato alla Carnegie Mellon University dal team guidato da Feng-hsiung Hsu, Thomas Anantharaman e Murray Campbell, e il grande maestro danese Bent Larsen. Deep Thought vinse il match, diventando il primo programma della storia a sconfiggere un grande maestro in una partita regolare con controllo del tempo standard. Questo risultato, sebbene ottenuto contro un grande maestro ormai oltre il suo apice competitivo, dimostrò che il divario tra i programmi e l'élite scacchistica mondiale si stava riducendo rapidamente. Deep Thought, che alla sua massima potenza raggiungeva una velocità di ricerca di circa due milioni di posizioni al secondo, rappresentava il punto culminante di un'evoluzione iniziata due decenni prima con Belle e che avrebbe trovato il suo compimento naturale nel progetto successivo del medesimo team: un progetto che avrebbe preso il nome di Deep Blue.

2. Il progetto Deep Blue: genesi, architettura e strategia di IBM

La storia di Deep Blue è inseparabile da quella della IBM, il colosso informatico americano che investì risorse ingenti nel progetto, riconoscendone il potenziale non soltanto scientifico ma anche mediatico e commerciale. Quando Feng-hsiung Hsu, Murray Campbell e i loro colleghi della Carnegie Mellon University si trasferirono ai laboratori di ricerca IBM a Yorktown Heights, nello stato di New York, portarono con sé l'esperienza accumulata con Deep Thought e

la convinzione che, con hardware sufficientemente potente e una funzione di valutazione accuratamente calibrata, fosse possibile costruire un sistema capace di sfidare il campione del mondo in carica, il formidabile Garry Kasparov.

Il progetto che ne nacque, inizialmente denominato Deep Thought II e successivamente ribattezzato Deep Blue, rappresentò un'impresa ingegneristica di proporzioni straordinarie. Il cuore del sistema era costituito da un supercomputer IBM RS/6000 SP equipaggiato con 30 nodi di elaborazione, ciascuno dotato di un processore generale e di un chip specializzato progettato appositamente per la ricerca scacchistica. Questi chip dedicati, frutto di anni di progettazione da parte di Hsu, erano in grado di generare e valutare mosse scacchistiche a una velocità di gran lunga superiore a quella di qualsiasi processore generico: nella sua configurazione finale del 1997, Deep Blue poteva esaminare circa 200 milioni di posizioni al secondo, una velocità che gli permetteva di esplorare tutte le possibilità a una profondità di 12-14 mosse e, in alcune varianti critiche, fino a 20-25 mosse o oltre. Per dare un'idea del significato di questa cifra, si consideri che un forte grande maestro, nella stessa unità di tempo, esamina consapevolmente forse tre o quattro posizioni, affidandosi per il resto alla propria intuizione, alla propria esperienza e alla propria capacità di riconoscimento di configurazioni.

La funzione di valutazione di Deep Blue era considerevolmente più sofisticata di quelle utilizzate dai programmi precedenti, incorporando circa ottomila parametri che tenevano conto non soltanto dei fattori classici – materiale, mobilità, struttura pedonale, sicurezza del re – ma anche di una vasta gamma di elementi posizionali più sottili, come la coordinazione tra i pezzi, il controllo delle case chiave, la valutazione delle posizioni di alfieri contrapposti, la pericolosità degli attacchi e la valutazione dinamica dell'iniziativa. Molti di questi parametri erano stati calibrati con l'assistenza di Joel Benjamin, grande maestro americano assunto da IBM come consulente scacchistico, e riflettevano una conoscenza posizionale che, per quanto tradotta in termini numerici, aveva le sue radici nella tradizione scacchistica umana. Il sistema disponeva inoltre di un esteso libro di aperture, compilato con l'aiuto di Benjamin e di altri esperti, e di tablebases complete per tutti i finali fino a cinque pezzi, che gli permettevano di giocare in modo perfetto nelle fasi finali della partita.

Un aspetto cruciale del progetto Deep Blue, spesso sottovalutato nelle narrazioni divulgative, è la dimensione organizzativa e strategica dell'impresa. IBM non si limitò a costruire un supercomputer: orchestrò una vera e propria campagna che integrava ricerca scientifica, sviluppo ingegneristico e comunicazione pubblica. Il management di IBM aveva compreso che un match tra Deep Blue e Kasparov avrebbe generato un'attenzione mediatica mondiale di enorme valore per l'immagine dell'azienda, e investì di conseguenza non soltanto nello sviluppo tecnico del sistema ma anche nella preparazione strategica del match. Il team di Deep Blue studiò approfonditamente lo stile di gioco di Kasparov, analizzando migliaia delle sue partite precedenti per identificare le aperture in cui il campione del mondo si trovava più a suo agio e quelle in cui poteva essere messo in difficoltà; il libro di aperture fu calibrato specificamente per indirizzare la partita verso posizioni in cui il computer aveva un vantaggio relativo, tipicamente posizioni chiuse e strategicamente complesse in cui la profondità di calcolo del sistema poteva compensare la presunta superiorità intuitiva del campione umano. Kasparov, dal canto suo, non ebbe accesso alle partite di Deep Blue, poiché il sistema non aveva una storia agonistica pubblica, e questa asimmetria informativa sarebbe stata oggetto di aspre polemiche dopo il match del 1997.

Il progetto Deep Blue sollevò anche questioni epistemologiche di notevole interesse per la filosofia dell'intelligenza artificiale. Deep Blue era intelligente? In un certo senso, la risposta era ovviamente affermativa: il sistema era capace di giocare a scacchi a un livello che solo una manciata di esseri umani nella storia aveva raggiunto, mostrando una capacità di valutazione tattica e, in misura più limitata, strategica che soddisfaceva qualsiasi criterio funzionale di intelligenza scacchistica. Ma in un altro senso, la risposta era altrettanto ovviamente negativa: Deep Blue non capiva gli scacchi nel senso in cui li capisce un grande maestro umano. Non aveva una concezione del gioco come attività dotata di significato, non provava emozioni durante la partita, non era consapevole di ciò che stava facendo. La sua superiorità derivava interamente dalla capacità di esaminare un numero astronomico di posizioni in un tempo brevissimo, compensando con la velocità di calcolo ciò che gli mancava in termini di comprensione. Questa tensione tra prestazione e comprensione, tra competenza e consapevolezza, sarebbe

diventata uno dei temi centrali del dibattito filosofico sull'intelligenza artificiale, e la storia di Deep Blue ne avrebbe fornito l'illustrazione più celebre e drammatica.

3. La sfida del secolo: Kasparov contro Deep Blue, 1996–1997

Il primo incontro ufficiale tra Garry Kasparov e Deep Blue ebbe luogo nel febbraio 1996, a Philadelphia, e fu un evento che trascese ampiamente i confini del mondo scacchistico. Kasparov era, all'epoca, non soltanto il campione del mondo in carica, ma anche il giocatore con il punteggio Elo più alto della storia, un dominatore assoluto della scena scacchistica internazionale da oltre un decennio, un uomo di intelligenza e carisma fuori dal comune, la cui immagine pubblica incarnava l'idea stessa del genio scacchistico. Deep Blue era, a sua volta, il prodotto più avanzato della ricerca in intelligenza artificiale applicata agli scacchi, il culmine di quarant'anni di lavoro da parte di generazioni di informatici, matematici e ingegneri. Il match tra i due era carico di un significato simbolico che i media di tutto il mondo non mancarono di sottolineare: era la sfida tra l'uomo e la macchina, tra l'intuizione e il calcolo, tra la creatività e la forza bruta.

La prima partita del match del 1996 fu uno shock. Deep Blue, giocando con il Bianco, ottenne una vittoria convincente, la prima di un programma scacchistico contro un campione del mondo in carica in una partita regolare con controllo del tempo standard. La partita fu caratterizzata da un gioco posizionale solido e paziente da parte del computer, che accumulò piccoli vantaggi fino a raggiungere una posizione vincente, costringendo Kasparov alla resa dopo 37 mosse. Il campione del mondo apparve visibilmente turbato dalla sconfitta, e le sue dichiarazioni dopo la partita rivelarono un misto di sorpresa e disagio: Kasparov ammise di aver percepito nel gioco di Deep Blue una qualità che non si aspettava, qualcosa che andava oltre il puro calcolo e che assomigliava a una genuina comprensione posizionale. Ma Kasparov era un competitore formidabile, e nelle partite successive adattò la propria strategia alle caratteristiche del computer, cercando posizioni chiuse e complesse in cui la sua superiorità strategica potesse emergere. Vinse il match per 4-2, dimostrando che, almeno per il momento, il campione umano era ancora superiore.

Il rematch, tenutosi nel maggio 1997 a New York, fu un evento completamente diverso, sia dal punto di vista sportivo sia per le sue conseguenze culturali e scientifiche. IBM aveva impiegato l'anno intercorso tra i due match per potenziare significativamente Deep Blue, raddoppiando la sua velocità di ricerca e, soprattutto, raffinando la funzione di valutazione con l'assistenza intensiva di Joel Benjamin e di altri esperti. Il match si giocò in un clima di tensione crescente, amplificato dall'enorme copertura mediatica: centinaia di giornalisti seguirono l'evento, milioni di persone lo seguirono in diretta su Internet – fu uno dei primi grandi eventi mediatici dell'era digitale – e le partite furono commentate da una schiera di grandi maestri e analisti.

Kasparov vinse la prima partita con il Nero, dimostrando ancora una volta la propria eccellenza. Ma la seconda partita segnò un punto di svolta drammatico. Deep Blue, in una posizione in cui la maggior parte degli analisti si aspettava che accettasse la patta con una ripetizione di mosse, scelse invece di proseguire il gioco, con una mossa che sorprese profondamente Kasparov e gli analisti. Kasparov, convinto che il computer avesse visto qualcosa che lui non riusciva a comprendere, commise un errore psicologicamente devastante: abbandonò la partita in una posizione che, come fu dimostrato successivamente, era in realtà patta. Questo episodio ebbe un effetto profondo sul morale di Kasparov, che cominciò a sospettare che dietro le mosse di Deep Blue vi fosse un intervento umano, una manipolazione deliberata da parte del team IBM per destabilizzarlo psicologicamente. Queste accuse, mai provate ma mai definitivamente smentite, avvelenarono l'atmosfera del match e sollevarono questioni importanti sull'equità e sulla trasparenza delle competizioni uomo-macchina.

Le partite successive furono combattute, con patte nella terza, quarta e quinta partita, e il match arrivò all'ultima partita sul punteggio di 2,5 a 2,5. La sesta e decisiva partita, giocata l'11 maggio 1997, fu un disastro per Kasparov. Il campione del mondo, visibilmente provato dalla tensione accumulata nel corso del match e ancora turbato dall'episodio della seconda partita, giocò una difesa Caro-Kann e commise un errore grave già alla settima mossa, sacrificando un cavallo in una posizione in cui il sacrificio era scorretto. Deep Blue refutò implacabilmente il sacrificio e ottenne una vittoria rapida e netta in appena 19 mosse. Il match si

concluse 3,5 a 2,5 in favore di Deep Blue, e per la prima volta nella storia un programma di scacchi aveva sconfitto il campione del mondo in carica in un match regolare.

La reazione di Kasparov fu di rabbia e frustrazione. Nelle conferenze stampa successive, il campione russo accusò apertamente IBM di aver barato, sostenendo che alcune mosse di Deep Blue erano troppo sofisticate per essere il prodotto di un puro calcolo e suggerendo che un grande maestro umano fosse intervenuto durante il match per assistere il computer. Chiese la rivincita e l'accesso ai registri di elaborazione del sistema, ma IBM rifiutò e, con una decisione che alimentò ulteriormente le polemiche, smantellò Deep Blue poco dopo il match, rinunciando a qualsiasi ulteriore competizione. Questa scelta privò la comunità scacchistica e scientifica della possibilità di verificare e approfondire i risultati del match, e lasciò un'ombra di ambiguità su uno degli eventi più significativi della storia dell'intelligenza artificiale.

Al di là delle polemiche, il significato storico del match del 1997 è indiscutibile. Per la prima volta, una macchina aveva dimostrato di poter competere al massimo livello in un'attività che per secoli era stata considerata l'epitome dell'intelligenza umana. La vittoria di Deep Blue segnò la fine di un'era: l'era in cui gli scacchi potevano essere considerati un dominio esclusivo della mente umana. Ma segnò anche l'inizio di una nuova era, in cui il rapporto tra uomo e macchina sulla scacchiera si sarebbe trasformato dalla competizione alla collaborazione, dalla sfida al dialogo. I motori scacchistici sarebbero diventati strumenti indispensabili per la preparazione dei giocatori professionisti, e la pratica degli scacchi sarebbe stata rivoluzionata dall'onnipresenza dell'analisi computerizzata. Soprattutto, la vittoria di Deep Blue aprì la strada a una domanda che avrebbe animato il capitolo successivo della storia: se la forza bruta poteva sconfiggere il campione del mondo, esisteva un approccio diverso, più elegante e più profondo, capace non soltanto di vincere ma di comprendere? La risposta sarebbe arrivata vent'anni dopo, da un laboratorio di Londra, e avrebbe preso il nome di AlphaZero.

PARTE SECONDA

La rivoluzione

Capitolo 4

L’era dei motori scacchistici: Stockfish e la forza bruta perfezionata

Sommario: *1. Dopo Deep Blue: la democratizzazione dell’intelligenza artificiale scacchistica – 2. Stockfish e l’architettura del motore scacchistico moderno – 3. L’impatto dei motori sulla preparazione dei grandi maestri e sulla teoria del gioco.*

---

1. Dopo Deep Blue: la democratizzazione dell’intelligenza artificiale scacchistica

La vittoria di Deep Blue su Kasparov nel 1997 avrebbe potuto segnare l’inizio di un’epoca di competizioni sempre più spettacolari tra supercomputer e campioni del mondo, ma la storia prese una direzione diversa e, per certi versi, più profonda. IBM, avendo raggiunto il proprio obiettivo mediatico, smantellò Deep Blue e si ritirò dalla scena scacchistica, lasciando un vuoto che fu rapidamente colmato non da altre grandi aziende, ma da una comunità diffusa di programmatori, appassionati di scacchi e ricercatori indipendenti che, nel corso del decennio successivo, avrebbero portato l’intelligenza artificiale scacchistica a livelli di forza inimmaginabili, rendendola al contempo accessibile a chiunque disponesse di un normale personal computer. Questa democratizzazione dell’IA scacchistica costituisce uno dei fenomeni più significativi e meno raccontati della storia recente della tecnologia, e le sue conseguenze sulla pratica degli scacchi, sulla cultura del gioco e sulla ricerca in intelligenza artificiale sono state vastissime.

Il contesto tecnologico degli anni immediatamente successivi alla vittoria di Deep Blue era radicalmente diverso da quello in cui il supercomputer di IBM era stato concepito. La legge di Moore continuava a operare inesorabilmente, e i processori dei personal computer raggiungevano velocità che, solo pochi anni prima, erano appannaggio esclusivo dei supercomputer. Un processore Intel Pentium III del 1999, disponibile per poche centinaia di dollari, era già capace di eseguire centinaia di milioni di operazioni al secondo, una potenza sufficiente a far funzionare un motore scacchistico di livello magistrale. Questa convergenza tra la

crescita della potenza di calcolo domestica e la disponibilità di software scacchistico sempre più sofisticato trasformò il panorama in modo irreversibile: non era più necessario un investimento miliardario come quello di IBM per disporre di un'analisi scacchistica di altissimo livello. Bastava un computer portatile e un programma scaricabile gratuitamente da Internet.

Il primo grande motore scacchistico commerciale a raggiungere una diffusione capillare fu Fritz, sviluppato dall'azienda tedesca ChessBase a partire dal 1991 e diventato, nel corso degli anni Novanta, lo strumento di lavoro prediletto dei giocatori professionisti. Fritz, nella sua versione del 2002, raggiunse un punteggio Elo stimato superiore a 2800, un livello paragonabile a quello dei migliori giocatori del mondo, e la sua interfaccia utente, integrata con un vasto database di partite e strumenti di analisi, ne fece uno strumento indispensabile per la preparazione agonistica. Accanto a Fritz, altri motori commerciali come Shredder, sviluppato dal tedesco Stefan Meyer-Kahlen, e Junior, sviluppato dagli israeliani Amir Ban e Shay Bushinsky, raggiunsero livelli di forza comparabili, e la competizione tra questi programmi, misurata nei campionati mondiali di scacchi per computer organizzati dalla International Computer Games Association, stimolò un rapido progresso tecnico.

Ma il vero punto di svolta nella democratizzazione dell'IA scacchistica fu l'emergere del movimento open source, che avrebbe prodotto il motore scacchistico più forte della storia e avrebbe trasformato radicalmente il rapporto tra sviluppatori, giocatori e comunità scacchistica. Nel 2004, un programmatore italiano di nome Marco Costalba rilasciò la prima versione di un motore scacchistico che avrebbe chiamato Stockfish, basato sul codice sorgente di un programma precedente chiamato Glaurung, sviluppato da Tord Romstad. La scelta di distribuire Stockfish con licenza open source, ossia rendendo il codice sorgente liberamente disponibile, modificabile e ridistribuibile da chiunque, fu una decisione che avrebbe avuto conseguenze enormi. A differenza dei motori commerciali, il cui sviluppo dipendeva da un singolo programmatore o da un piccolo team, Stockfish poteva beneficiare del contributo di centinaia di sviluppatori sparsi per il mondo, ciascuno dei quali poteva proporre miglioramenti, correggere errori, ottimizzare il codice e testare nuove idee. Questa

intelligenza collettiva, coordinata attraverso piattaforme di sviluppo collaborativo come GitHub e validata attraverso un sistema di test automatizzato estremamente rigoroso, si rivelò straordinariamente efficace, e nel giro di pochi anni Stockfish superò tutti i motori commerciali, diventando il programma scacchistico più forte del mondo.

2. Stockfish e l'architettura del motore scacchistico moderno

Per comprendere il dominio di Stockfish nel panorama dell'intelligenza artificiale scacchistica, è necessario esaminare l'architettura tecnica che ne costituisce il fondamento, poiché essa rappresenta il perfezionamento estremo della strategia di Tipo A di Shannon, portata a un livello di sofisticazione che il padre della teoria dell'informazione non avrebbe probabilmente immaginato. Il cuore di Stockfish, come quello di tutti i motori scacchistici tradizionali, è costituito da tre componenti fondamentali: il generatore di mosse, l'algoritmo di ricerca e la funzione di valutazione. Ma ciascuno di questi componenti, in Stockfish, è stato ottimizzato attraverso decenni di lavoro collettivo fino a raggiungere un'efficienza che rasenta i limiti teorici.

Il generatore di mosse di Stockfish utilizza una rappresentazione della scacchiera basata su bitboard, una tecnica in cui ogni aspetto della posizione – la collocazione dei pezzi, le caselle controllate, le mosse legali disponibili – è codificato come una sequenza di 64 bit, corrispondenti alle 64 caselle della scacchiera. Questa rappresentazione permette di sfruttare le operazioni bitwise native dei processori moderni per calcolare in modo estremamente rapido informazioni come le mosse legali di un pezzo, le caselle attaccate, i percorsi liberi per torri e alfieri, utilizzando tecniche come le magic bitboards che, attraverso tabelle precalcolate e funzioni hash, riducono il calcolo delle mosse di pezzi a lunga gittata a una singola operazione di ricerca in tabella. Il risultato è un generatore di mosse capace di produrre l'elenco completo delle mosse legali in una posizione in tempi dell'ordine dei nanosecondi, un'efficienza che è il presupposto indispensabile per la velocità di ricerca complessiva del sistema.

L'algoritmo di ricerca di Stockfish è una versione enormemente elaborata della potatura alfa-beta, arricchita da decine di tecniche euristiche che permettono

di esplorare l'albero delle mosse in modo molto più efficiente di una ricerca esaustiva. Tra queste tecniche, alcune meritano una menzione particolare per la loro importanza e la loro eleganza concettuale. La ricerca con approfondimento iterativo consiste nell'esplorare l'albero delle mosse a profondità progressivamente crescenti, partendo da una profondità di una mossa e aumentando di un livello a ogni iterazione, fino all'esaurimento del tempo disponibile. Questa tecnica, che a prima vista sembra inefficiente perché riesplora le stesse posizioni a ogni iterazione, si rivela in realtà molto efficace grazie all'uso delle tabelle di trasposizione, strutture dati che memorizzano i risultati delle ricerche precedenti e permettono di riutilizzarli nelle iterazioni successive, evitando di ricalcolare posizioni già esaminate. La riduzione delle mosse tardive è un'altra tecnica fondamentale, basata sull'osservazione empirica che le mosse che vengono esplorate per ultime nell'ordine di ricerca sono statisticamente più deboli delle prime, e possono quindi essere esaminate a profondità ridotta senza una perdita significativa di qualità. La ricerca di quiescenza estende la ricerca oltre l'orizzonte nominale nelle posizioni tatticamente instabili, quelle in cui sono presenti catture, scacchi o minacce imminenti, per evitare il cosiddetto effetto orizzonte, ossia la tendenza del programma a sovrastimare posizioni in cui un disastro tattico si nasconde appena al di là del limite di ricerca.

La funzione di valutazione di Stockfish ha conosciuto un'evoluzione particolarmente significativa. Nelle versioni iniziali, la valutazione era interamente basata su parametri programmati manualmente, seguendo la tradizione inaugurata da Shannon: valore materiale dei pezzi, struttura pedonale, sicurezza del re, attività dei pezzi, controllo dello spazio, coordinazione, e decine di altri fattori, ciascuno ponderato con coefficienti calibrati attraverso milioni di partite di test automatizzate. Questo approccio, noto come valutazione handcrafted, raggiunse un livello di sofisticazione impressionante, con centinaia di parametri finemente sintonizzati che catturavano aspetti sottili della valutazione scacchistica. Ma nel 2020, ispirato dall'approccio di AlphaZero e di Leela Chess Zero, il team di Stockfish introdusse una rivoluzione interna: la sostituzione della funzione di valutazione tradizionale con una rete neurale, denominata NNUE, acronimo di Efficiently Updatable Neural Network. La rete NNUE, addestrata su milioni di posizioni valutate da Stockfish stesso, era capace di valutare una posizione con una

precisione superiore alla funzione handcrafted, mantenendo al contempo una velocità di esecuzione compatibile con la ricerca ad alta velocità che costituisce il punto di forza di Stockfish. L'introduzione di NNUE produsse un salto di forza stimato in circa 80-100 punti Elo, un guadagno enorme per un programma che era già di gran lunga il più forte del mondo, e rappresentò una sintesi affascinante tra il paradigma della forza bruta e quello dell'apprendimento automatico.

Al momento della stesura di queste pagine, Stockfish ha raggiunto un punteggio Elo stimato superiore a 3600, un livello che trascende ogni confronto con i giocatori umani: anche il campione del mondo in carica, con un punteggio intorno ai 2800, perderebbe la stragrande maggioranza delle partite contro il programma, che gli concede un vantaggio paragonabile a quello di un grande maestro contro un dilettante di club. Questa superiorità schiacciante ha trasformato Stockfish in un oracolo scacchistico: i giocatori professionisti si affidano al suo giudizio come a un'autorità quasi infallibile, e le sue valutazioni hanno acquisito nella comunità scacchistica un peso che, paradossalmente, rischia di limitare la creatività e l'autonomia di pensiero dei giocatori umani, un tema su cui torneremo nei capitoli dedicati all'impatto dell'IA sulla pratica scacchistica.

3. L'impatto dei motori sulla preparazione dei grandi maestri e sulla teoria del gioco

L'onnipresenza dei motori scacchistici ha trasformato radicalmente il modo in cui i giocatori professionisti si preparano, studiano e pensano al gioco, producendo cambiamenti che investono ogni aspetto della pratica scacchistica, dalla preparazione delle aperture all'analisi dei finali, dallo studio individuale alla preparazione anti-avversario, dalla formazione dei giovani talenti alla trasmissione televisiva degli eventi. Questa trasformazione, che si è compiuta nell'arco di poco più di un ventennio, costituisce uno dei mutamenti più profondi e rapidi che una disciplina intellettuale abbia mai conosciuto per effetto dell'innovazione tecnologica, e le sue implicazioni si estendono ben oltre l'ambito scacchistico, offrendo un caso di studio emblematico di come l'intelligenza artificiale trasforma le pratiche cognitive umane.

La preparazione delle aperture è forse l'ambito in cui l'impatto dei motori è stato più immediato e visibile. Prima dell'avvento dei computer, la teoria delle aperture si sviluppava attraverso un processo lento e organico: un grande maestro sperimentava una novità in torneo, i colleghi la analizzavano e la commentavano sulle riviste specializzate, e nel corso di mesi o anni si formava un consenso sulla validità o meno della nuova idea. Questo processo, fondato sull'esperienza pratica e sull'intuizione degli esperti, era inevitabilmente soggetto a errori, mode e pregiudizi: varianti considerate dubbie venivano abbandonate per decenni, solo per essere rivalutate quando un giocatore particolarmente creativo ne scopriva le risorse nascoste. L'avvento dei motori ha accelerato enormemente questo processo e lo ha reso, almeno in apparenza, più oggettivo. Oggi, quando un grande maestro introduce una novità in torneo, la posizione critica viene analizzata da migliaia di motori sparsi per il mondo nel giro di poche ore, e il verdetto del silicio viene incorporato nella teoria con una rapidità che non ha precedenti. Varianti che erano considerate dubbie per ragioni puramente intuitive sono state rivalutate alla luce dell'analisi dei motori, che hanno scoperto risorse tattiche e difensive insospettate; inversamente, varianti ritenute solide per generazioni sono state demolite dalla scoperta di novità che nessun essere umano aveva intravisto.

Questa situazione ha prodotto effetti ambivalenti sulla qualità e sulla natura del gioco ad alto livello. Da un lato, il livello medio delle partite tra grandi maestri è indiscutibilmente aumentato: la preparazione assistita dai motori permette ai giocatori di evitare errori nelle fasi iniziali della partita e di entrare nel mediogioco con posizioni solide e ben comprese. Il numero di partite decisive nei tornei d'élite è diminuito significativamente, poiché è diventato molto più difficile sorprendere un avversario con una novità teorica quando entrambi i giocatori hanno accesso agli stessi strumenti di analisi. Dall'altro lato, la dipendenza dai motori ha sollevato preoccupazioni sulla standardizzazione del gioco e sulla perdita di quella dimensione di scoperta personale e di rischio creativo che aveva caratterizzato le grandi epoche della storia scacchistica. Alcuni commentatori hanno parlato di una morte della creatività scacchistica, sostenendo che i giocatori moderni, ancorati alle linee approvate dai motori, sono meno disposti a esplorare territori inesplorati e a fidarsi della propria intuizione rispetto ai loro predecessori. Altri, al contrario, sostengono che i motori hanno aperto nuovi orizzonti di creatività, rivelando la

bellezza e la profondità di posizioni che l'analisi umana non aveva saputo apprezzare, e che i migliori giocatori contemporanei, come Magnus Carlsen, sono capaci di utilizzare le indicazioni dei motori come punto di partenza per una creatività propriamente umana, trasformando le fredde valutazioni del silicio in idee scacchistiche vive e originali.

L'impatto dei motori si estende ben oltre la preparazione delle aperture. L'analisi post-partita, tradizionalmente condotta dai giocatori stessi o da commentatori esperti, è stata rivoluzionata dalla possibilità di sottoporre ogni mossa al giudizio del motore, identificando con precisione gli errori, le imprecisioni e le occasioni mancate. Le trasmissioni televisive e lo streaming online delle partite di torneo sono accompagnati in tempo reale dalla barra di valutazione del motore, che mostra al pubblico il vantaggio di ciascun giocatore e segnala istantaneamente gli errori, trasformando l'esperienza dello spettatore in un modo che alcuni considerano un arricchimento e altri una banalizzazione. La formazione dei giovani giocatori è stata profondamente influenzata dalla disponibilità di motori gratuiti come Stockfish: un ragazzo di quindici anni che studia con Stockfish sul proprio portatile ha oggi accesso a un'analisi di qualità incomparabilmente superiore a quella di cui disponeva Kasparov all'apice della sua carriera. Questo livellamento dell'accesso alla conoscenza scacchistica ha contribuito all'emergere di una nuova generazione di talenti provenienti da paesi che, fino a pochi anni fa, non avevano una tradizione scacchistica significativa, e ha accelerato il ricambio generazionale ai vertici della classifica mondiale, rendendo il mondo degli scacchi più globale e più competitivo che mai.

Capitolo 5

AlphaZero: quando la macchina impara da sola

Sommario: *1. DeepMind e la genesi di AlphaZero: dall'apprendimento per rinforzo alla tabula rasa – 2. Architettura e metodo: reti neurali, ricerca Monte Carlo e auto-apprendimento – 3. Le partite di AlphaZero: una bellezza aliena che ha stupito il mondo degli scacchi.*

---

1. DeepMind e la genesi di AlphaZero: dall'apprendimento per rinforzo alla tabula rasa

Per comprendere la portata rivoluzionaria di AlphaZero nel panorama dell'intelligenza artificiale scacchistica e, più in generale, nella storia dell'intelligenza artificiale, occorre tornare indietro di alcuni anni e ricostruire il percorso scientifico e imprenditoriale che condusse alla sua creazione. La storia comincia nel 2010, quando un giovane neuroscienziato e imprenditore britannico di origine cipriota, Demis Hassabis, fondò a Londra una società chiamata DeepMind Technologies, con l'obiettivo dichiarato di risolvere l'intelligenza e di utilizzarla per il bene dell'umanità. Hassabis era una figura singolare nel panorama tecnologico: prodigio degli scacchi in gioventù, aveva raggiunto il livello di maestro prima di compiere quindici anni; si era poi dedicato alla ricerca in neuroscienze cognitive, ottenendo un dottorato all'University College di Londra con una tesi sulle basi neurali dell'immaginazione e della pianificazione; e aveva infine unito queste due passioni nella fondazione di DeepMind, convinto che la comprensione del cervello umano e la costruzione di intelligenze artificiali fossero due facce della stessa medaglia. Il suo background scacchistico non era incidentale: Hassabis comprendeva in profondità sia la complessità del pensiero strategico umano sia le possibilità e i limiti dei programmi scacchistici tradizionali, e questa duplice comprensione avrebbe permeato l'intera filosofia di DeepMind.

La prima grande impresa di DeepMind fu la creazione, nel 2013, di un sistema capace di imparare a giocare ai videogiochi Atari partendo da zero, utilizzando esclusivamente l'immagine sullo schermo come input e il punteggio del gioco come

segnale di ricompensa. Questo sistema, basato su una tecnica chiamata Deep Q-Network che combinava reti neurali profonde con apprendimento per rinforzo, dimostrò che un singolo algoritmo, senza alcuna conoscenza specifica del dominio, poteva raggiungere prestazioni sovrumane in decine di giochi diversi, un risultato che impressionò il mondo della ricerca e attrasse l'attenzione di Google, che nel 2014 acquistò DeepMind per circa 500 milioni di dollari. Con le risorse di Google alle spalle, il team di DeepMind si dedicò a una sfida molto più ambiziosa: il gioco del go, un gioco da tavolo di origine cinese la cui complessità computazionale supera di gran lunga quella degli scacchi e che era considerato, fino a quel momento, al di là della portata dell'intelligenza artificiale.

Il risultato fu AlphaGo, un sistema che nel marzo 2016 sconfisse Lee Sedol, uno dei più forti giocatori di go del mondo, in un match di cinque partite a Seoul, vincendo quattro partite a una. La vittoria di AlphaGo fu salutata dalla comunità scientifica come un evento paragonabile, per importanza, alla vittoria di Deep Blue su Kasparov, ma con una differenza fondamentale: mentre Deep Blue aveva vinto grazie alla forza bruta del calcolo, AlphaGo aveva vinto combinando reti neurali profonde, apprendimento per rinforzo e ricerca ad albero Monte Carlo in un modo che produceva un gioco qualitativamente diverso, caratterizzato da mosse creative e sorprendenti che i giocatori professionisti descrivevano come belle e profonde. In particolare, la mossa 37 della seconda partita, un giocata che nessun esperto umano avrebbe considerato e che si rivelò decisiva, divenne immediatamente celebre come esempio di una creatività artificiale genuinamente innovativa.

Ma AlphaGo, per quanto rivoluzionario, presentava ancora un limite significativo: il suo addestramento si basava in parte su un database di partite umane, da cui il sistema aveva appreso i fondamenti del gioco prima di perfezionarsi attraverso l'auto-gioco. Questo significava che AlphaGo era, in una certa misura, vincolato alla conoscenza umana del go: partiva da ciò che gli umani sapevano e lo superava, ma non esplorava autonomamente l'intero spazio delle possibilità. La versione successiva, AlphaGo Zero, pubblicata nell'ottobre 2017, eliminò completamente questa dipendenza: il sistema apprendeva a giocare a go partendo da una tabula rasa, senza alcuna conoscenza umana, giocando esclusivamente contro sé stesso e utilizzando come unico segnale di

apprendimento il risultato delle proprie partite. AlphaGo Zero non soltanto superò tutte le versioni precedenti di AlphaGo, ma lo fece in un tempo straordinariamente breve: quaranta giorni di auto-apprendimento furono sufficienti per raggiungere un livello di gioco che trascendeva tutto ciò che l'umanità aveva prodotto in millenni di pratica del go.

2. Architettura e metodo: reti neurali, ricerca Monte Carlo e auto-apprendimento

La generalizzazione di questo approccio al dominio degli scacchi avvenne nel dicembre 2017, con la pubblicazione dell'articolo Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm, firmato da David Silver, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser, Demis Hassabis e altri ricercatori di DeepMind. Il sistema presentato, denominato AlphaZero, applicava la stessa architettura e lo stesso metodo di apprendimento di AlphaGo Zero a tre giochi diversi: go, scacchi e shogi, il gioco degli scacchi giapponese. Per ciascun gioco, AlphaZero partiva da zero, conoscendo unicamente le regole, e apprendeva giocando contro sé stesso, senza alcun database di partite umane, senza alcuna funzione di valutazione programmata manualmente, senza alcuna conoscenza scacchistica esplicita. I risultati furono sbalorditivi: nel caso degli scacchi, dopo sole quattro ore di auto-apprendimento su un cluster di unità di elaborazione tensoriale di Google, AlphaZero raggiunse un livello sufficiente a sconfiggere Stockfish, all'epoca il motore scacchistico più forte del mondo, in un match di cento partite, vincendo 28 partite, pareggiandone 72 e non perdendone alcuna.

L'architettura tecnica di AlphaZero merita un'analisi dettagliata, poiché rappresenta un paradigma radicalmente diverso da quello dei motori scacchistici tradizionali e illustra concetti fondamentali dell'intelligenza artificiale moderna. Il cuore del sistema è una rete neurale profonda di tipo residuale, composta da numerosi strati di neuroni artificiali organizzati in blocchi residuali, ciascuno dei quali è collegato al successivo da connessioni che permettono al segnale di saltare uno o più strati, una tecnica che facilita l'addestramento di reti molto profonde evitando il problema della dissipazione del gradiente. La rete riceve in input la rappresentazione della posizione sulla scacchiera, codificata come una serie di piani bidimensionali che descrivono la collocazione dei pezzi, le informazioni

sull'arrocco, la regola dell'en passant e la storia recente delle mosse, e produce in output due quantità: una distribuzione di probabilità sulle mosse legali, che esprime la stima del sistema sulla bontà relativa di ciascuna mossa, e un valore scalare che esprime la stima della probabilità di vittoria dalla posizione corrente. Questa architettura a doppia testa, che combina una policy network e una value network in un'unica struttura, è uno degli elementi più eleganti del design di AlphaZero e permette al sistema di utilizzare la stessa rete neurale sia per guidare la ricerca sia per valutare le posizioni.

L'algoritmo di ricerca utilizzato da AlphaZero è la ricerca ad albero Monte Carlo, una tecnica molto diversa dalla potatura alfa-beta impiegata da Stockfish. Nella ricerca Monte Carlo, l'albero delle possibilità non viene esplorato in modo esaustivo a una determinata profondità, ma in modo selettivo, concentrando le risorse di ricerca sulle varianti più promettenti secondo la valutazione della rete neurale. A ogni iterazione, l'algoritmo seleziona un percorso nell'albero bilanciando due criteri: l'esplorazione di mosse poco visitate, per assicurarsi di non trascurare possibilità importanti, e lo sfruttamento delle mosse che la rete neurale giudica più promettenti. Quando raggiunge una posizione non ancora esplorata, la rete neurale valuta la posizione e il risultato viene propagato all'indietro lungo il percorso, aggiornando le statistiche di ciascun nodo. Dopo un numero sufficiente di iterazioni, il sistema sceglie la mossa corrispondente al nodo più visitato, che rappresenta la migliore combinazione di valutazione della rete e conferma della ricerca. Questo approccio, a differenza della ricerca alfa-beta, non richiede una funzione di valutazione esplicita programmata dall'uomo, poiché la valutazione è interamente appresa dalla rete neurale attraverso l'esperienza del gioco.

Il processo di addestramento di AlphaZero si basa su un ciclo continuo di auto-gioco e apprendimento. Il sistema genera migliaia di partite giocando contro sé stesso, utilizzando la ricerca Monte Carlo guidata dalla rete neurale corrente per selezionare le mosse. Da queste partite, estrae tre tipi di informazione: per ogni posizione, le mosse effettivamente giocate dalla ricerca, che servono come obiettivo per la policy network; il risultato finale della partita, che serve come obiettivo per la value network; e le posizioni stesse, che servono come input per

l'addestramento. La rete neurale viene poi aggiornata attraverso il processo di retropropagazione del gradiente, modificando i pesi delle connessioni in modo da avvicinare le previsioni della rete ai risultati osservati. La nuova versione della rete viene utilizzata per generare un nuovo ciclo di partite, e il processo si ripete, con la rete che migliora progressivamente a ogni iterazione. La velocità di questo miglioramento è impressionante: nel caso degli scacchi, AlphaZero passò dal livello di un principiante assoluto a quello di un sistema capace di sconfiggere il motore più forte del mondo in un arco di tempo che, in termini umani, corrisponde a meno di una giornata di studio.

3. Le partite di AlphaZero: una bellezza aliena che ha stupito il mondo degli scacchi

Se i numeri e l'architettura tecnica di AlphaZero sono impressionanti, sono le partite giocate dal sistema ad aver suscitato la reazione più profonda nella comunità scacchistica mondiale. DeepMind pubblicò, insieme all'articolo scientifico, una selezione di dieci partite disputate da AlphaZero contro Stockfish, e queste partite furono analizzate e commentate con entusiasmo crescente dai più forti giocatori e dai più autorevoli commentatori del mondo. Il grande maestro danese Peter Heine Nielsen, allenatore del campione del mondo Magnus Carlsen, dichiarò che le partite di AlphaZero lo avevano fatto sentire come se avesse assistito alla scoperta di una forma di scacchi superiore, proveniente da un'altra dimensione. Vladimir Kramnik, ex campione del mondo, affermò che AlphaZero giocava come lui aveva sempre sognato di giocare: con una profondità strategica e una bellezza che trascendevano il puro calcolo. Garry Kasparov, il cui match con Deep Blue vent'anni prima aveva segnato un'epoca, scrisse che AlphaZero rappresentava un salto qualitativo rispetto a tutto ciò che lo aveva preceduto, e che le sue partite contenevano idee che gli umani avrebbero impiegato anni per comprendere pienamente.

Cosa rendeva le partite di AlphaZero così speciali? Analizzandole, i grandi maestri identificarono una serie di caratteristiche ricorrenti che distinguevano il gioco di AlphaZero da quello dei motori tradizionali. In primo luogo, AlphaZero mostrava una propensione straordinaria per il sacrificio posizionale, ossia la rinuncia volontaria di materiale – pedoni, pezzi minori, talvolta persino la qualità

– in cambio di compensi posizionali di lungo termine: attività dei pezzi, controllo dello spazio, iniziativa, restrizione della mobilità avversaria. Questa caratteristica era diametralmente opposta al comportamento tipico dei motori tradizionali, che tendono a mantenere il materiale e a evitare i sacrifici a meno che non conducano a un vantaggio concreto e calcolabile. I sacrifici di AlphaZero, al contrario, producevano vantaggi che si manifestavano solo a distanza di molte mosse, in forme che la funzione di valutazione di un motore tradizionale non era in grado di apprezzare, ma che un giocatore umano esperto riconosceva immediatamente come la quintessenza della comprensione strategica profonda.

In secondo luogo, AlphaZero mostrava una predilezione per le posizioni dinamiche e sbilanciate, in cui un vantaggio in un aspetto del gioco compensava uno svantaggio in un altro. Là dove Stockfish tendeva a cercare posizioni in cui il suo vantaggio fosse misurabile e stabile, AlphaZero sembrava trarre forza dal caos controllato, mantenendo la tensione e sfruttando la complessità della posizione a proprio vantaggio. Questa attitudine ricordava lo stile dei grandi campioni romantici degli scacchi – Morphy, Alekhine, Tal – che erano celebri per la loro capacità di creare complicazioni e di navigare posizioni turbolente con un'intuizione che sfidava l'analisi razionale. Ma mentre quei campioni agivano sulla base dell'istinto e dell'esperienza, AlphaZero raggiungeva un risultato simile attraverso un processo di apprendimento automatico che non aveva alcun contatto con la tradizione scacchistica umana. Questa convergenza tra lo stile di AlphaZero e quello dei più grandi artisti della storia scacchistica sollevò interrogativi profondi: esistono principi universali della bellezza scacchistica che trascendono il percorso attraverso cui vengono scoperti? La creatività, che noi associamo alla soggettività e alla libertà dell'individuo, può emergere da un processo puramente algoritmico?

In terzo luogo, AlphaZero mostrava una gestione della struttura pedonale e del centro della scacchiera che rivelava una comprensione posizionale straordinariamente profonda. In diverse partite, il sistema costruiva formazioni pedonali che restringevano progressivamente le possibilità dell'avversario, creando quella che i giocatori chiamano una prigione posizionale: una situazione in cui l'avversario, pur disponendo di tutte le mosse legali, non ha alcuna mossa

utile, e ogni tentativo di migliorare la propria posizione ne peggiora un altro aspetto. Questa forma di dominio, che nella terminologia scacchistica si chiama zugzwang nella sua forma estrema, è considerata la più alta espressione dell'arte posizionale, e il fatto che AlphaZero la padroneggiasse a un livello senza precedenti, avendola appresa interamente da solo, colpì profondamente i commentatori. Una partita in particolare, la tredicesima della serie contro Stockfish, divenne celebre per una manovra in cui AlphaZero avanzò lentamente i propri pedoni sull'ala di re, creando una rete di controllo così soffocante che Stockfish, il motore più forte del mondo, si trovò ridotto a muovere inutilmente la torre avanti e indietro, incapace di trovare un piano costruttivo, fino alla sconfitta. Questa partita fu definita da Kasparov un capolavoro di compressione strategica, e la sua analisi divenne un caso di studio per la comprensione dello stile di AlphaZero.

Le implicazioni filosofiche e scientifiche di AlphaZero trascendono di gran lunga il dominio degli scacchi. Il fatto che un sistema privo di qualsiasi conoscenza umana possa sviluppare, attraverso il puro auto-apprendimento, non soltanto una competenza superiore a quella dei più forti programmi esistenti, ma anche uno stile che gli esperti umani riconoscono come bello, creativo e profondo, pone domande fondamentali sulla natura dell'intelligenza, della creatività e della conoscenza. Se la bellezza scacchistica può essere scoperta da un algoritmo che non ha alcun concetto di bellezza, che cosa ci dice questo sulla natura della bellezza stessa? Se un sistema può sviluppare strategie che trascendono millenni di sapienza umana in poche ore di auto-gioco, che cosa ci dice questo sui limiti e sulle possibilità dell'intelligenza umana? E se i principi della ricerca Monte Carlo e dell'apprendimento per rinforzo possono produrre risultati così impressionanti in un dominio come gli scacchi, quali sono le possibilità – e i rischi – della loro applicazione a domini infinitamente più complessi e consequenziali, come la ricerca scientifica, la medicina, la strategia militare, la governance delle società? Queste domande, che AlphaZero ha posto con una chiarezza e un'urgenza senza precedenti, ci accompagneranno per tutto il resto di questo libro.

Capitolo 6

Leela Chess Zero e la comunità open source

Sommario: *1. Dalla chiusura di AlphaZero alla risposta della comunità: la nascita di Leela Chess Zero – 2. L'architettura distribuita e il modello di sviluppo collaborativo – 3. Il confronto tra paradigmi: Stockfish, Leela e la sintesi tra forza bruta e apprendimento.*

---

1. Dalla chiusura di AlphaZero alla risposta della comunità: la nascita di Leela Chess Zero

La pubblicazione dei risultati di AlphaZero nel dicembre 2017 suscitò nella comunità scacchistica e informatica un entusiasmo immenso, ma anche una frustrazione significativa. DeepMind aveva dimostrato che un approccio radicalmente nuovo poteva raggiungere risultati straordinari, ma il sistema non era disponibile al pubblico: il codice sorgente non fu rilasciato, i pesi della rete neurale non furono condivisi, e le condizioni sperimentali in cui erano state giocate le partite contro Stockfish furono oggetto di critiche da parte di alcuni esperti, che osservarono che la versione di Stockfish utilizzata nel match non disponeva di libro di aperture né di tablebases, e che il controllo del tempo non favoriva le caratteristiche del motore tradizionale. Queste critiche metodologiche, pur non sminuendo la portata del risultato, alimentarono un desiderio diffuso nella comunità: quello di replicare i risultati di AlphaZero in modo indipendente, aperto e verificabile, utilizzando le risorse collettive della comunità open source.

La risposta giunse con straordinaria rapidità. Nel gennaio 2018, appena poche settimane dopo la pubblicazione dell'articolo di DeepMind, un programmatore belga di nome Gian-Carlo Pascutto, già noto nella comunità del go per aver sviluppato Leela, un motore di go ispirato ad AlphaGo, annunciò il progetto Leela Chess Zero, abbreviato in Lc0: un tentativo di ricostruire da zero un sistema analogo ad AlphaZero per gli scacchi, utilizzando esclusivamente risorse distribuite donate da volontari e rilasciando tutto il codice e tutti i dati in forma aperta. Il progetto attrasse rapidamente l'attenzione e il supporto di centinaia di sviluppatori e di migliaia di appassionati, che misero a disposizione la potenza di

calcolo delle proprie schede grafiche per contribuire all'addestramento della rete neurale. In pochi mesi, Leela Chess Zero passò dal livello di un principiante a quello di un fortissimo grande maestro, e nel giro di un anno raggiunse un livello competitivo con Stockfish, dimostrando che l'approccio di AlphaZero non richiedeva necessariamente le risorse computazionali di Google, ma poteva essere replicato, con pazienza e collaborazione, dalle risorse collettive di una comunità di appassionati.

La nascita di Leela Chess Zero rappresenta un fenomeno di grande interesse non soltanto tecnologico ma anche sociologico, poiché illustra le dinamiche di innovazione collettiva che caratterizzano l'era digitale. Il progetto nasce esplicitamente come risposta alla chiusura di DeepMind, che aveva dimostrato le possibilità di un nuovo paradigma senza però renderlo accessibile alla comunità. In questo senso, Leela Chess Zero si inscrive nella grande tradizione del software libero e dell'open source, che ha prodotto alcuni dei sistemi informatici più importanti e diffusi del mondo, dal sistema operativo Linux al server web Apache, e che si fonda sulla convinzione che la condivisione aperta della conoscenza e del codice produce risultati superiori a quelli ottenibili da singole organizzazioni, per quanto potenti. Il fatto che una comunità di volontari sia riuscita a replicare, in forma indipendente e aperta, uno dei risultati più spettacolari dell'intelligenza artificiale moderna è una testimonianza eloquente della potenza del modello collaborativo e della vitalità della cultura open source.

Ma la storia di Leela Chess Zero è significativa anche per un'altra ragione: essa mostra come l'innovazione nell'intelligenza artificiale non sia un processo lineare dominato da singoli laboratori d'élite, ma un ecosistema complesso in cui le idee circolano, vengono adattate, migliorate e ricombinate da una molteplicità di attori. AlphaZero dimostrò la validità del paradigma dell'apprendimento per rinforzo applicato agli scacchi; Leela Chess Zero lo rese accessibile e lo perfezionò attraverso il contributo di una comunità globale; e Stockfish, a sua volta, rispose adottando la tecnologia delle reti neurali con NNUE, integrando i vantaggi dell'apprendimento automatico nella propria architettura tradizionale. Questo processo di contaminazione reciproca tra paradigmi diversi, reso possibile dalla

natura aperta dei progetti coinvolti, ha prodotto un livello di progresso che nessun singolo attore, per quanto dotato di risorse, avrebbe potuto raggiungere da solo.

2. L'architettura distribuita e il modello di sviluppo collaborativo

L'architettura tecnica di Leela Chess Zero riflette fedelmente quella di AlphaZero, con adattamenti resi necessari dalle diverse condizioni di sviluppo e dalle esigenze della comunità open source. Come AlphaZero, Lco utilizza una rete neurale profonda che riceve in input la rappresentazione della posizione e produce in output una distribuzione di probabilità sulle mosse e una valutazione scalare della posizione. Come AlphaZero, utilizza la ricerca ad albero Monte Carlo per esplorare le possibilità in modo selettivo, guidata dalle indicazioni della rete neurale. E come AlphaZero, apprende esclusivamente attraverso l'auto-gioco, generando partite contro sé stesso e utilizzando i risultati per migliorare la rete neurale attraverso la retropropagazione del gradiente.

La differenza fondamentale rispetto ad AlphaZero risiede nel modello di addestramento distribuito. Mentre AlphaZero era stato addestrato su un cluster dedicato di unità di elaborazione tensoriale di Google, con una potenza di calcolo concentrata e una gestione centralizzata del processo, Leela Chess Zero si basa su un modello in cui migliaia di volontari sparsi per il mondo contribuiscono con la potenza di calcolo delle proprie schede grafiche al processo di generazione delle partite di auto-gioco. Ciascun volontario scarica la versione più recente della rete neurale, genera un certo numero di partite di auto-gioco sul proprio computer, e invia i risultati a un server centrale che raccoglie i dati e li utilizza per addestrare la nuova versione della rete. Questo processo, coordinato attraverso un'infrastruttura web dedicata, ha generato nel corso degli anni miliardi di partite di auto-gioco, un volume di dati che, pur essendo stato prodotto in tempi molto più lunghi rispetto all'addestramento concentrato di AlphaZero, ha permesso a Leela di raggiungere e, in alcuni formati di gioco, superare il livello del sistema di DeepMind.

Il modello distribuito ha imposto anche scelte architetturali specifiche. Le dimensioni della rete neurale di Leela sono variate nel tempo, con la comunità che ha sperimentato reti di dimensioni diverse per trovare il miglior compromesso tra profondità di comprensione e velocità di esecuzione. Le reti più grandi, con

centinaia di blocchi residuali e milioni di parametri, offrono una valutazione più accurata ma richiedono schede grafiche potenti per funzionare a velocità di gioco accettabile; le reti più piccole sono più veloci ma meno precise. Questa tensione tra qualità e velocità è analoga a quella che, nei motori tradizionali, esiste tra la profondità della funzione di valutazione e la velocità di ricerca, e illustra un principio generale dell'ingegneria dell'intelligenza artificiale: ogni sistema deve trovare un equilibrio tra la qualità delle singole valutazioni e il numero di posizioni che può esaminare nel tempo a disposizione.

Un aspetto particolarmente interessante dello sviluppo di Leela Chess Zero è la trasparenza del processo di apprendimento. Mentre AlphaZero era stato presentato al mondo come un risultato compiuto, senza che il pubblico potesse seguire il percorso dal principiante al campione, Leela ha appreso in pubblico, sotto gli occhi di migliaia di osservatori che potevano seguire in tempo reale l'evoluzione della rete, analizzare le partite di auto-gioco, osservare l'emergere di nuove strategie e la scomparsa di vecchie abitudini. Questo processo ha offerto una finestra unica sul funzionamento dell'apprendimento per rinforzo applicato a un dominio complesso, e ha generato osservazioni affascinanti. Nelle fasi iniziali dell'addestramento, Leela giocava in modo caotico e incoerente, commettendo errori grossolani e seguendo strategie insensate. Progressivamente, il sistema scoprì i principi fondamentali del gioco: il valore del centro, l'importanza dello sviluppo dei pezzi, la necessità di proteggere il re con l'arrocco. In fasi successive, emersero comprensioni più sottili: la gestione della struttura pedonale, la coordinazione dei pezzi, la valutazione dei finali. E infine, a livelli di addestramento avanzati, il sistema cominciò a mostrare lo stesso stile caratteristico di AlphaZero: sacrifici posizionali audaci, gestione dinamica dell'iniziativa, comprensione strategica profonda. Osservare questo percorso in tempo reale era, per i commentatori, come assistere a una versione accelerata della storia stessa della comprensione umana degli scacchi, compressa in pochi mesi anziché in secoli.

3. Il confronto tra paradigmi: Stockfish, Leela e la sintesi tra forza bruta e apprendimento

Il panorama dell'intelligenza artificiale scacchistica che si è consolidato negli anni più recenti è caratterizzato dalla coesistenza e dalla competizione tra due paradigmi fondamentali, incarnati rispettivamente da Stockfish e da Leela Chess Zero, e dalla progressiva convergenza tra questi due approcci in una sintesi che rappresenta forse il risultato più significativo dell'intera storia dell'IA scacchistica. Da un lato, Stockfish rappresenta il perfezionamento estremo della tradizione inaugurata da Shannon: una ricerca sistematica guidata dalla potatura alfa-beta, che esplora milioni di posizioni al secondo e la cui efficacia dipende dalla velocità del calcolo e dalla qualità della funzione di valutazione. Dall'altro lato, Leela Chess Zero rappresenta il paradigma inaugurato da AlphaZero: una ricerca selettiva guidata dalla rete neurale e dalla ricerca Monte Carlo, che esplora un numero molto minore di posizioni ma le valuta con una profondità e una sfumatura inaccessibili alle funzioni di valutazione tradizionali.

La competizione tra i due sistemi è stata serratissima e ha prodotto risultati alterni. Nelle competizioni della Top Chess Engine Championship, il più prestigioso torneo tra motori scacchistici, Stockfish e Leela si sono alternati al vertice della classifica per diversi anni, con vittorie e sconfitte distribuite in modo quasi uniforme. Le partite tra i due sistemi hanno rivelato differenze stilistiche affascinanti: Stockfish tende a giocare in modo pragmatico e concreto, privilegiando la sicurezza e la precisione tattica; Leela, come AlphaZero, mostra una maggiore propensione al rischio posizionale e alla creatività strategica. In certe tipologie di posizioni, l'approccio di Stockfish si rivela superiore: nelle posizioni tatticamente acute, dove il calcolo preciso è decisivo, la velocità di ricerca di Stockfish gli dà un vantaggio significativo. In altre tipologie, l'approccio di Leela prevale: nelle posizioni strategicamente complesse, dove la valutazione richiede una comprensione globale della posizione che trascende il calcolo concreto, la rete neurale di Leela produce giudizi più accurati. Questa complementarità tra i due approcci è essa stessa un risultato scientifico di grande valore, poiché suggerisce che i due paradigmi catturano aspetti diversi e complementari dell'intelligenza scacchistica.

La convergenza tra i due paradigmi si è materializzata in modo concreto con l'introduzione, nel 2020, della rete neurale NNUE in Stockfish. Come abbiamo

accennato nel capitolo precedente, NNUE è una rete neurale specializzata che sostituisce la funzione di valutazione tradizionale di Stockfish, mantenendo però l'algoritmo di ricerca alfa-beta che costituisce il cuore del motore. Il risultato è un sistema ibrido che combina la velocità di ricerca di Stockfish con la qualità di valutazione di una rete neurale, un connubio che si è rivelato devastante dal punto di vista competitivo: dalla sua introduzione, Stockfish con NNUE ha dominato la scena, conquistando la prima posizione in praticamente tutte le competizioni tra motori. Questa sintesi tra forza bruta e apprendimento automatico non era stata prevista né da Shannon, che aveva distinto nettamente le due strategie, né dal team di AlphaZero, che aveva implicitamente presentato il proprio approccio come un superamento del paradigma tradizionale. La storia, come spesso accade, ha trovato una via propria, combinando i punti di forza dei due approcci in un modo che nessuno dei due campi aveva anticipato.

Questa convergenza ha anche implicazioni di portata più generale per la riflessione sull'intelligenza artificiale. La contrapposizione tra sistemi basati sulla ricerca e sistemi basati sull'apprendimento, che è uno dei temi ricorrenti nella storia dell'IA, appare oggi meno netta di quanto sembrasse ancora pochi anni fa. I sistemi più efficaci sono quelli che combinano entrambe le componenti: la capacità di esplorare sistematicamente lo spazio delle possibilità e la capacità di valutare le posizioni con la profondità e la sfumatura che solo l'apprendimento automatico può garantire. Questa lezione, appresa nel laboratorio degli scacchi, è direttamente rilevante per i grandi sistemi di intelligenza artificiale che oggi trasformano settori come la ricerca scientifica, la medicina, la progettazione industriale e, come vedremo nella parte finale di questo libro, il diritto e la governance delle società. Il cammino che dalla sfida tra uomo e macchina sulla scacchiera ha condotto alla sintesi tra paradigmi diversi dell'IA è una parabola ricca di insegnamenti, e la sua comprensione è essenziale per chiunque voglia orientarsi nel complesso panorama dell'intelligenza artificiale contemporanea.

PARTE TERZA

L'impatto sul gioco e sulla cultura scacchistica

Capitolo 7

Il centauro: la collaborazione uomo-macchina

Sommario: *1. Kasparov e la nascita degli scacchi avanzati: dal freestyle al modello centauro – 2. Il declino del centauro e le lezioni sulla collaborazione uomo-IA – 3. Dalla scacchiera al mondo reale: il modello centauro come paradigma dell'era dell'intelligenza artificiale.*

---

1. Kasparov e la nascita degli scacchi avanzati: dal freestyle al modello centauro

L'idea che uomo e macchina potessero collaborare sulla scacchiera, anziché soltanto competere, emerse con forza sorprendente proprio dal protagonista della più celebre sfida tra mente umana e intelligenza artificiale. Fu Garry Kasparov, dopo la traumatica sconfitta contro Deep Blue nel 1997, a proporre un formato di gioco radicalmente nuovo, che avrebbe battezzato con il nome di scacchi avanzati o, con un'espressione più evocativa, scacchi centauro. Il concetto era semplice nella sua formulazione ma profondamente innovativo nelle sue implicazioni: un giocatore umano, assistito da un computer e libero di consultarlo durante la partita, avrebbe potuto raggiungere un livello di gioco superiore a quello di ciascuna delle due componenti considerate isolatamente. Il centauro, creatura mitologica metà uomo e metà cavallo, diventava la metafora di una nuova forma di intelligenza, in cui l'intuizione strategica e la creatività dell'essere umano si fondevano con la precisione tattica e la velocità di calcolo della macchina per produrre un risultato qualitativamente nuovo.

Kasparov organizzò il primo torneo di scacchi avanzati nel 1998, a León, in Spagna, e i risultati confermarono la sua intuizione. Le squadre composte da un giocatore umano e un computer producevano un gioco di qualità nettamente superiore a quello dei computer da soli, almeno con la tecnologia dell'epoca. L'essere umano apportava la comprensione strategica di lungo periodo, la capacità di formulare piani coerenti, la sensibilità per gli squilibri posizionali e, non meno importante, la capacità di filtrare e interpretare le indicazioni del motore,

scegliendo tra le varianti proposte quelle più coerenti con la struttura della posizione. Il computer, dal canto suo, eliminava gli errori tattici, calcolava con precisione le conseguenze delle mosse candidate, verificava la correttezza dei sacrifici e forniva una valutazione numerica che aiutava il giocatore umano a orientarsi nelle posizioni complesse. La collaborazione tra le due forme di intelligenza produceva partite di una qualità che nessuna delle due avrebbe potuto raggiungere da sola: meno errori dei grandi maestri, ma più creatività e profondità strategica dei computer.

Il formato degli scacchi avanzati conobbe il suo momento più celebre e scientificamente significativo nel torneo freestyle del 2005, organizzato su Internet dalla piattaforma Playchess. Il torneo era aperto a qualsiasi tipo di partecipante: grandi maestri da soli, computer da soli, o squadre composte da giocatori umani e computer in qualsiasi combinazione. Il risultato fu sorprendente: il torneo non fu vinto né dal più forte grande maestro presente né dal più potente motore scacchistico, ma da una squadra composta da due giocatori amatoriali americani, Steven Cramton e Zackary Stephen, assistiti da tre computer che utilizzavano simultaneamente. La loro vittoria, che incluse la sconfitta di squadre guidate da grandi maestri equipaggiati con hardware superiore, diventò un caso di studio celebre nella letteratura sull'intelligenza artificiale e sulla collaborazione uomo-macchina. Kasparov ne trasse una conclusione che formulò come una sorta di equazione: un giocatore umano debole più un computer più un buon processo di collaborazione batte un giocatore umano forte più un computer più un cattivo processo di collaborazione. In altre parole, la variabile decisiva non era la forza del giocatore umano né la potenza del computer, ma la qualità dell'interazione tra i due, la capacità dell'essere umano di sfruttare al meglio le indicazioni della macchina e di compensare con il proprio giudizio i suoi punti ciechi.

Questa osservazione ebbe una risonanza che trascese ampiamente il mondo degli scacchi e che Kasparov stesso sviluppò in una riflessione di più ampio respiro, pubblicata nel suo libro del 2017, Deep Thinking: Where Machine Intelligence Ends and Human Creativity Begins. Kasparov argomentò che il modello del centauro rappresentava un paradigma generale per il rapporto tra uomo e intelligenza artificiale in tutti i campi: la medicina, il diritto, la finanza,

l'ingegneria, la ricerca scientifica. In ciascuno di questi ambiti, sosteneva Kasparov, la combinazione dell'intuizione umana con la potenza di calcolo dell'IA poteva produrre risultati superiori a quelli ottenibili da ciascuna delle due componenti isolatamente, a condizione che il processo di collaborazione fosse progettato con cura e che l'essere umano mantenesse un ruolo attivo e critico, non limitandosi a seguire passivamente le indicazioni della macchina. Questa visione, che anticipava di anni il dibattito contemporaneo sull'IA come strumento di potenziamento piuttosto che di sostituzione dell'essere umano, trovò una ricezione particolarmente favorevole nella comunità tecnologica e imprenditoriale, e il modello del centauro divenne un riferimento costante nelle discussioni sulla trasformazione del lavoro nell'era dell'intelligenza artificiale.

2. Il declino del centauro e le lezioni sulla collaborazione uomo-IA

Tuttavia, il destino degli scacchi centauro prese una piega inattesa nel corso del decennio successivo, una piega che offre lezioni importanti e, per certi versi, inquietanti sul futuro della collaborazione uomo-macchina. Con il rapido aumento della forza dei motori scacchistici, il contributo dell'essere umano alla squadra centauro si fece progressivamente meno significativo. Se nel 2005 la differenza tra un motore da solo e un centauro era ancora apprezzabile, già nel 2010 il divario si era notevolmente ridotto, e verso la metà degli anni Dieci del Duemila la maggior parte degli esperti concordava sul fatto che un motore come Stockfish, giocando da solo, produceva un gioco di qualità pari o superiore a quello di qualsiasi centauro. L'essere umano, in altre parole, aveva cessato di essere un valore aggiunto: la sua intuizione strategica e la sua creatività non erano più sufficienti a compensare la lentezza della sua interazione con il computer e il rischio che le sue valutazioni soggettive introducessero errori in un processo che il motore avrebbe gestito meglio da solo.

Questo declino del centauro sollevò interrogativi profondi e, in certa misura, disturbanti. Se il contributo umano alla collaborazione uomo-macchina diventa irrilevante quando la macchina raggiunge un livello sufficientemente alto, che cosa resta del modello proposto da Kasparov? La risposta, come spesso accade, è sfumata e dipende dal contesto. Negli scacchi, il dominio della macchina si spiega

con le caratteristiche specifiche del gioco: le regole sono perfettamente definite, l'informazione è completa, il criterio di successo è univoco, e la complessità del dominio, per quanto enorme, è finita e strutturata. In queste condizioni, un sistema sufficientemente potente può catturare tutti gli aspetti rilevanti della posizione senza bisogno dell'intervento umano. Ma nella maggior parte delle situazioni del mondo reale, le condizioni sono molto diverse: l'informazione è incompleta, gli obiettivi sono molteplici e potenzialmente in conflitto, il contesto è ambiguo, i valori in gioco sono soggettivi. In queste condizioni, l'essere umano mantiene un ruolo insostituibile come interprete, decisore e responsabile morale delle azioni intraprese sulla base delle indicazioni dell'IA. Il modello del centauro, in altre parole, ha perso la sua pertinenza nel dominio specifico degli scacchi, ma conserva e anzi accresce la sua rilevanza nei domini più complessi e moralmente consequenziali del mondo reale.

L'esperienza degli scacchi centauro ha prodotto anche una riflessione importante sulla natura delle competenze richieste all'essere umano nella collaborazione con l'intelligenza artificiale. Nei primi torni freestyle, i giocatori più efficaci non erano necessariamente i più forti scacchisti, ma quelli che meglio sapevano interagire con il computer: formulare le domande giuste, interpretare le risposte, integrare le indicazioni del motore nel proprio ragionamento, riconoscere le situazioni in cui il motore poteva sbagliare e sostituire il proprio giudizio al suo. Queste competenze, che potremmo chiamare meta-cognitive o di gestione dell'IA, sono profondamente diverse dalle tradizionali competenze scacchistiche e prefigurano un insieme di abilità che sta diventando sempre più importante in molti ambiti professionali: la capacità di lavorare con l'IA non come un oracolo infallibile da seguire ciecamente, ma come un collaboratore potente ma imperfetto, le cui indicazioni devono essere valutate, filtrate e integrate con il giudizio umano. L'esperienza degli scacchi centauro, in questo senso, può essere vista come il primo grande esperimento sociale di collaborazione uomo-IA, un esperimento le cui lezioni sono direttamente rilevanti per la progettazione dei sistemi di intelligenza artificiale che oggi permeano ogni settore della società e dell'economia.

Un'ultima dimensione della collaborazione uomo-macchina negli scacchi merita di essere esplorata: l'uso dei motori non come partner di gioco ma come strumenti di apprendimento e di scoperta. I più forti giocatori del mondo contemporaneo, da Magnus Carlsen ad Alireza Firouzja, utilizzano i motori scacchistici non soltanto per preparare le aperture e analizzare le partite, ma come compagni di esplorazione intellettuale, strumenti per scoprire nuove idee e per espandere i confini della propria comprensione del gioco. Questa forma di collaborazione, più sottile e meno formalizzata di quella del centauro, è forse la più duratura e la più significativa. Il giocatore che studia con Stockfish non delega al motore la propria capacità di pensiero, ma la potenzia: utilizza le indicazioni del silicio come stimoli per esplorare territori che non avrebbe raggiunto da solo, come trampolini per salti di comprensione che rimangono, in ultima analisi, atti di intelligenza propriamente umana. In questo senso, il rapporto tra il grande maestro e il suo motore ricorda quello tra lo scienziato e il suo strumento di laboratorio: il microscopio non pensa al posto del biologo, ma gli permette di vedere ciò che altrimenti sarebbe invisibile, aprendo orizzonti che soltanto l'intelligenza umana può esplorare e interpretare.

3. Dalla scacchiera al mondo reale: il modello centauro come paradigma dell'era dell'intelligenza artificiale

La riflessione sugli scacchi centauro acquista una profondità ulteriore se la si colloca nel contesto più ampio del dibattito contemporaneo sull'intelligenza artificiale e sul futuro del lavoro umano. La traiettoria che abbiamo descritto – dal centauro vincente al centauro superfluo – è un microcosmo di un processo che si sta svolgendo, con velocità e intensità diverse, in moltissimi settori dell'attività umana. In ogni campo in cui l'IA raggiunge e supera il livello umano, si pone la stessa domanda: quale ruolo resta all'essere umano? La risposta che emerge dall'esperienza scacchistica è duplice e apparentemente contraddittoria. Da un lato, nel dominio strettamente tecnico della prestazione – giocare la mossa migliore, trovare la soluzione ottimale, massimizzare il risultato – la macchina tende inevitabilmente a rendere superfluo il contributo umano, man mano che le sue capacità crescono. Dall'altro lato, nei domini che coinvolgono il senso, il significato, la responsabilità, la relazione con gli altri esseri umani, il contributo

umano resta irriducibile, poiché questi aspetti non possono essere delegati a un sistema che, per quanto potente, non possiede coscienza, intenzionalità né responsabilità morale.

La storia degli scacchi centauro illustra anche un altro fenomeno che si rivela sempre più rilevante nell'era dell'intelligenza artificiale: il rischio di dequalificazione, ossia la progressiva atrofia delle competenze umane in conseguenza della dipendenza dalla macchina. Alcuni allenatori e commentatori scacchistici hanno osservato che i giovani giocatori cresciuti nell'era dei motori, pur essendo tecnicamente più preparati dei loro predecessori nelle aperture e nei finali teorici, mostrano talvolta una minor capacità di ragionamento indipendente e una maggiore dipendenza dal giudizio del computer. Quando si trovano in posizioni sconosciute, prive di riferimenti nella preparazione teorica, questi giocatori possono apparire meno creativi e meno capaci di orientarsi con il proprio giudizio rispetto ai grandi maestri delle generazioni precedenti, che avevano sviluppato le proprie competenze in un'epoca in cui il motore non era disponibile e ogni valutazione doveva essere costruita con le proprie forze. Questo fenomeno, che nella letteratura sull'automazione è noto come automation complacency o skill degradation, è stato osservato in molti altri ambiti, dall'aviazione alla medicina alla navigazione, e costituisce una delle sfide più insidiose della collaborazione uomo-macchina: come preservare e sviluppare le competenze umane autonome in un contesto in cui la macchina è sempre disponibile a fornire la risposta giusta?

La questione non ha risposte semplici, ma l'esperienza scacchistica suggerisce alcune piste promettenti. I migliori allenatori contemporanei insistono sulla necessità di alternare lo studio con il motore a sessioni di analisi indipendente, in cui il giocatore sviluppa le proprie valutazioni prima di confrontarle con il giudizio del computer. Alcuni tornei sperimentali hanno introdotto formati in cui l'uso del computer è vietato durante la preparazione, costringendo i giocatori a fare affidamento esclusivamente sulla propria comprensione. Il campione del mondo Magnus Carlsen, significativamente, ha più volte dichiarato di utilizzare il motore con parsimonia e di preferire, quando possibile, lo studio basato sulle proprie intuizioni, utilizzando Stockfish come verifica finale piuttosto che come guida primaria. Queste pratiche riflettono una consapevolezza crescente del fatto che il

valore dell'intelligenza umana non risiede nella capacità di competere con la macchina sul suo terreno – il calcolo, la precisione, la velocità – ma nella capacità di pensare in modo autonomo, creativo e responsabile, competenze che possono essere potenziate dall'IA ma che non devono esserne sostituite. La lezione degli scacchi, ancora una volta, trascende la scacchiera e parla direttamente alle sfide che la società nel suo complesso affronta nell'era dell'intelligenza artificiale.

Capitolo 8

Come l'intelligenza artificiale ha cambiato la teoria delle aperture

Sommario: *1. La rivoluzione nella teoria delle aperture: velocità, rivalutazione e scoperta – 2. Le trasformazioni strutturali: profondità, democratizzazione e rapporto tra teoria e pratica – 3. Questioni epistemologiche: la conoscenza opaca e il paradosso della comprensione.*

---

1. La rivoluzione nella teoria delle aperture: velocità, rivalutazione e scoperta

La teoria delle aperture scacchistiche, ossia il corpo sistematico di conoscenze relative alle prime mosse della partita, ha rappresentato per secoli uno dei pilastri fondamentali della cultura scacchistica, un'architettura intellettuale costruita attraverso l'esperienza accumulata di generazioni di giocatori, codificata in una sterminata letteratura di trattati, enciclopedie e monografie. Prima dell'avvento dei computer, la teoria delle aperture si sviluppava attraverso un processo lento e organico che rifletteva la natura stessa del pensiero scacchistico: un grande maestro introduceva una novità in una partita di torneo, i colleghi la analizzavano nelle settimane e nei mesi successivi, le riviste specializzate pubblicavano commenti e varianti, e gradualmente si formava un consenso sulla solidità o la debolezza dell'innovazione. Questo processo, fondato sull'autorità degli esperti e sulla verifica empirica delle idee nella pratica agonistica, produceva una teoria che era tanto un corpo di conoscenze oggettive quanto una tradizione culturale, permeata di preferenze estetiche, pregiudizi generazionali e mode passeggere.

L'avvento dei motori scacchistici ha provocato in questo edificio secolare una scossa tellurica le cui conseguenze sono ancora in corso di assestamento. Il cambiamento più immediato e misurabile riguarda la velocità con cui le novità teoriche vengono assimilate e valutate. Se nel passato una novità poteva rimanere inesplorata per mesi o anni, oggi una mossa nuova giocata in un torneo d'élite viene analizzata da migliaia di motori nel giro di poche ore, e il verdetto del silicio

viene diffuso in tempo reale attraverso le piattaforme online. Questa accelerazione ha compresso drasticamente il ciclo di vita delle novità teoriche: un'idea che un tempo avrebbe potuto essere sfruttata per diversi tornei prima che la concorrenza ne scoprisse la refutazione viene oggi neutralizzata nel giro di pochi giorni, costringendo i giocatori a un ritmo di innovazione sempre più frenetico e rendendo la preparazione delle aperture un'attività enormemente più laboriosa e dispendiosa in termini di tempo rispetto al passato.

Ma l'impatto dei motori sulla teoria delle aperture non è soltanto quantitativo, è anche profondamente qualitativo. I motori hanno rivelato che molte valutazioni consolidate della teoria classica erano errate, talvolta in modo clamoroso. Varianti che generazioni di giocatori avevano considerato dubbie o inferiori si sono rivelate, alla luce dell'analisi computerizzata, perfettamente giocabili e talvolta superiori alle linee principali tradizionali. Inversamente, varianti considerate pilastri della teoria hanno mostrato debolezze insospettate, smantellate dalla scoperta di risorse tattiche che nessun occhio umano aveva intravisto. L'esempio più emblematico di questa rivalutazione è forse quello della Difesa Berlinese nella Partita Spagnola, una variante che per decenni era stata considerata noiosa e sterile, giocata raramente ad alto livello, e che l'analisi dei motori ha rivelato essere una delle difese più solide e resistenti a disposizione del Nero. La Berlinese divenne celebre quando Vladimir Kramnik la utilizzò sistematicamente nel match per il campionato del mondo del 2000 contro Kasparov, ottenendo una serie di patte con il Nero che contribuirono in modo decisivo alla sua vittoria. La rivalutazione della Berlinese, possibile soltanto grazie all'analisi computerizzata che ne aveva scoperto la profondità e la resilienza, trasformò irreversibilmente la pratica scacchistica ad alto livello, e la variante è diventata un pilastro della teoria moderna.

AlphaZero ha aggiunto a questa rivoluzione un ulteriore strato di complessità e di fascino. Le partite del sistema di DeepMind hanno mostrato che esistono interi territori inesplorati nella teoria delle aperture, territori che né i giocatori umani né i motori tradizionali avevano mai esplorato perché richiedevano una comprensione posizionale che trascendeva il calcolo concreto. AlphaZero ha ripetutamente scelto di giocare aperture considerate eccentriche o antiquate dalla

teoria convenzionale, come il Gambetto di Donna con un precoce avanzamento del pedone h, o il Sistema Londra con idee di attacco sull'ala di re che i manuali classici avrebbero sconsigliato. Queste scelte, che inizialmente suscitarono perplessità tra gli analisti, si rivelarono profondamente radicate in una comprensione strategica che i motori tradizionali non erano in grado di apprezzare nelle prime mosse, ma i cui frutti si manifestavano decine di mosse dopo. L'influenza di AlphaZero sulla pratica delle aperture ad alto livello è stata significativa: diversi grandi maestri, ispirati dalle idee del sistema, hanno incorporato nel proprio repertorio varianti e piani strategici scoperti dall'IA, producendo una sorta di circolo virtuoso in cui l'intelligenza artificiale genera idee che l'intelligenza umana adatta, sviluppa e trasforma in pratica scacchistica viva.

2. Le trasformazioni strutturali: profondità, democratizzazione e rapporto tra teoria e pratica

Al di là delle singole varianti e delle specifiche rivalutazioni, l'impatto dei motori sulla teoria delle aperture ha prodotto trasformazioni strutturali che investono la natura stessa del sapere scacchistico. La prima e più evidente di queste trasformazioni riguarda la profondità della preparazione teorica. Se nei decenni precedenti l'avvento dei computer un grande maestro poteva considerarsi adeguatamente preparato conoscendo le linee principali fino alla decima o dodicesima mossa, oggi la preparazione dei giocatori d'élite si estende regolarmente fino alla ventesima, venticinquesima o persino trentesima mossa, con varianti analizzate e memorizzate con una precisione che non ha precedenti nella storia degli scacchi. I match per il campionato del mondo degli ultimi anni hanno offerto esempi impressionanti di questa tendenza: in diverse partite, i due contendenti hanno eseguito le prime venti o più mosse alla velocità di partite lampo, dimostrando di conoscere la posizione a memoria e di aver analizzato con il motore ogni possibile deviazione, per poi rallentare bruscamente il ritmo quando la partita usciva dalla preparazione e richiedeva un pensiero originale.

Questa estensione della preparazione ha prodotto un fenomeno che alcuni commentatori hanno definito la morte del mediogioco, ossia la progressiva riduzione della fase della partita in cui i giocatori pensano con la propria testa, senza il supporto della memoria e della preparazione computerizzata. Se le prime

trenta mosse sono preparate e le ultime sono risolte dalle tablebases, lo spazio per il pensiero autonomo si restringe a una finestra sempre più angusta tra la fine della preparazione e l'inizio del finale teorico, una finestra in cui si concentra tutta la tensione e tutto il dramma della partita moderna. Questa evoluzione ha alimentato un dibattito vivace nella comunità scacchistica: alcuni sostengono che la partita moderna è meno interessante di quelle del passato, perché la fase creativa è compressa e i giocatori, usciti dalla preparazione, sono più propensi a cercare la patta sicura che a rischiare in territorio inesplorato; altri replicano che la concentrazione del gioco creativo in una finestra ristretta lo rende, se possibile, più intenso e drammatico, poiché ogni mossa in quella fase critica ha un peso specifico enorme e una piccola imprecisione può essere fatale.

La seconda trasformazione strutturale riguarda la democratizzazione della conoscenza teorica. Prima dell'era dei computer, l'accesso alla teoria delle aperture era strettamente correlato alla posizione nella gerarchia scacchistica: i giocatori d'élite, che avevano accesso alle riviste specializzate più esclusive, agli allenatori più preparati e ai circoli di analisi più sofisticati, disponevano di un vantaggio informativo significativo rispetto ai giocatori di club. Questo vantaggio è stato in larga misura annullato dalla disponibilità universale dei motori scacchistici e dei database di partite. Oggi, un giocatore di qualsiasi livello, in qualsiasi parte del mondo, può accedere gratuitamente a Stockfish e a Lichess, il sito di scacchi open source che integra l'analisi del motore, e ottenere una valutazione della posizione di qualità incomparabilmente superiore a quella di cui disponeva Kasparov all'apice della sua carriera. Questa democratizzazione ha avuto conseguenze profonde sulla geografia del talento scacchistico: se un tempo le grandi potenze degli scacchi erano quasi esclusivamente l'Unione Sovietica e, in misura minore, i paesi europei con una forte tradizione scacchistica, oggi i talenti emergono con frequenza crescente da paesi come l'India, l'Iran, l'Uzbekistan, la Cina, il Vietnam, grazie alla possibilità di studiare con strumenti di analisi di livello mondiale indipendentemente dalla disponibilità locale di allenatori e strutture tradizionali.

La terza trasformazione riguarda la relazione tra teoria e pratica, tra preparazione e improvvisazione. In passato, la teoria delle aperture era un patrimonio di conoscenze relativamente stabile, che i giocatori studiavano e

memorizzavano come un corpo dottrinale consolidato; la creatività si esprimeva soprattutto nella fase del mediogioco, quando il giocatore usciva dalla teoria e doveva fare affidamento sulle proprie risorse. Oggi, la teoria è un campo in costante e rapida evoluzione, in cui nuove idee emergono e vengono confutate a un ritmo che rende impossibile per qualsiasi singolo giocatore mantenersi aggiornato su tutte le varianti. I grandi maestri moderni devono quindi sviluppare non soltanto una profonda conoscenza delle varianti, ma anche la capacità di orientarsi rapidamente in posizioni sconosciute, di ricostruire con il proprio ragionamento ciò che non hanno memorizzato, di adattarsi in tempo reale alle deviazioni dell'avversario dalla linea preparata. Questa capacità di navigazione nell'incertezza, che combina conoscenza teorica, comprensione posizionale e flessibilità cognitiva, è diventata forse la qualità più importante del giocatore d'élite contemporaneo, e la sua formazione richiede un approccio allo studio che integri il lavoro con il motore con lo sviluppo di competenze di ragionamento autonomo.

3. Questioni epistemologiche: la conoscenza opaca e il paradosso della comprensione

La trasformazione della teoria delle aperture ad opera dei motori solleva infine questioni di carattere epistemologico che meritano una riflessione approfondita, poiché investono la natura stessa della conoscenza scacchistica e, più in generale, il rapporto tra conoscenza umana e conoscenza artificiale. La teoria delle aperture tradizionale era, nella sua essenza, un corpo di conoscenze fondate sull'esperienza e sull'autorità: una variante era considerata buona perché i grandi maestri la giocavano con successo, e la sua valutazione era il prodotto di un consenso tra esperti costruito nel tempo attraverso la pratica. Questo tipo di conoscenza, che i filosofi della scienza chiamerebbero conoscenza tacita o conoscenza basata sulla pratica, era profondamente intrecciata con la comprensione individuale del giocatore: un grande maestro non si limitava a memorizzare le mosse, ma le comprendeva, ne coglieva la logica interna, le inseriva in un quadro strategico coerente che gli permetteva di navigare le deviazioni e le sorprese con giudizio e creatività.

La conoscenza prodotta dai motori è di natura radicalmente diversa. Quando Stockfish valuta una posizione come +0,35 in favore del Bianco, questa valutazione è il prodotto di un calcolo che ha esaminato milioni o miliardi di posizioni, ma che non produce alcuna spiegazione del perché la posizione sia favorevole. Il motore non dice che la struttura pedonale è leggermente migliore, o che l'alfiere del Bianco è superiore al cavallo del Nero in quella specifica configurazione: produce un numero, e spetta all'analista umano interpretare quel numero, cercare le ragioni della valutazione, costruire una narrazione che dia senso alla fredda cifra del silicio. Questa situazione crea un paradosso epistemologico: disponiamo di una conoscenza enormemente più vasta e accurata di quella che possedevano i nostri predecessori, ma la nostra comprensione di questa conoscenza non è cresciuta in proporzione. Sappiamo più cose, ma non sempre capiamo meglio.

Questo paradosso si manifesta in modo particolarmente acuto nel rapporto tra i giocatori e le indicazioni dei motori nelle aperture. Un giovane grande maestro che prepara una variante con Stockfish può memorizzare venti mosse di una linea complessa e le relative valutazioni numeriche, ma se non comprende le ragioni posizionali che sottendono quelle mosse, la sua conoscenza sarà fragile e superficiale: basterà una deviazione imprevista dell'avversario per metterlo in difficoltà, perché non possiede la comprensione profonda necessaria a navigare posizioni che non ha memorizzato. I migliori allenatori scacchistici contemporanei, consapevoli di questo rischio, insistono sulla necessità di non limitarsi a copiare le mosse del motore, ma di cercare di comprenderne la logica, di ricostruire il ragionamento che conduce alla valutazione, di trasformare la conoscenza numerica del computer in comprensione posizionale umana. Questo processo di traduzione tra la conoscenza della macchina e la comprensione dell'essere umano è uno dei compiti più delicati e intellettualmente impegnativi che la collaborazione uomo-IA impone, e la sua importanza trascende ampiamente il dominio degli scacchi.

La situazione è ulteriormente complicata dal fatto che alcune delle intuizioni più profonde dei motori e, soprattutto, di AlphaZero, sembrano resistere alla comprensione umana. Ci sono posizioni in cui AlphaZero o Stockfish indicano una mossa come nettamente migliore delle alternative, ma nessun analista umano

riesce a comprendere pienamente il perché. In questi casi, ci troviamo di fronte a ciò che potremmo chiamare una conoscenza opaca: una conoscenza che è affidabile, nel senso che produce risultati corretti, ma che non è trasparente, nel senso che le ragioni della sua correttezza non sono accessibili all'intelligenza umana. Questo tipo di conoscenza opaca è sempre più comune nell'era dell'intelligenza artificiale, e pone sfide profonde alla nostra concezione della conoscenza, della comprensione e dell'expertise. Negli scacchi, le conseguenze di questa opacità sono relativamente benigne: al massimo, un giocatore gioca una mossa che non capisce ma che funziona. Ma in altri domini – la medicina, il diritto, la finanza, la strategia militare – la dipendenza da una conoscenza opaca può avere conseguenze ben più serie, e la riflessione su come gestire questa opacità è uno dei grandi temi aperti della governance dell'intelligenza artificiale, un tema su cui torneremo nella parte finale di questo libro.

Capitolo 9

Il problema del cheating: quando la tecnologia diventa minaccia

Sommario: *1. L'emergere del cheating computerizzato e le risposte della comunità scacchistica – 2. Il caso Carlsen-Niemann e le sue conseguenze – 3. Verso una governance dell'integrità scacchistica nell'era dell'intelligenza artificiale.*

---

1. L'emergere del cheating computerizzato e le risposte della comunità scacchistica

La disponibilità universale di motori scacchistici di forza sovrumana su dispositivi tascabili come gli smartphone ha generato una minaccia esistenziale per l'integrità degli scacchi competitivi, una minaccia che la comunità scacchistica ha dovuto affrontare con crescente urgenza e che ha dato luogo a controversie di straordinaria intensità, a innovazioni regolamentari senza precedenti e a un dibattito che tocca questioni fondamentali di fiducia, sorveglianza, tecnologia e diritto. Il cheating negli scacchi, ossia l'uso non autorizzato di assistenza computerizzata durante una partita, è diventato nel corso dell'ultimo ventennio uno dei problemi più gravi e più discussi del mondo scacchistico, e le risposte che la comunità ha elaborato costituiscono un caso di studio di straordinario interesse per chiunque si occupi delle sfide poste dall'intelligenza artificiale alla regolamentazione delle attività umane.

Il problema del cheating scacchistico non è nato con i computer: nella storia degli scacchi non mancano episodi di irregolarità, dalla celebre accusa a Carlos Torre di aver ricevuto suggerimenti da un complice nel 1925 fino ai sospetti che circondarono diversi giocatori sovietici durante la Guerra Fredda. Ma l'avvento dei motori scacchistici ha trasformato radicalmente la natura e la scala del problema. Prima dei computer, per barare a scacchi era necessario disporre di un complice umano di livello adeguato, presente nella sala di gioco o in comunicazione con il giocatore, il che rendeva l'imbroglio difficile da organizzare e relativamente facile da individuare. Con l'avvento dei motori su smartphone, la situazione è cambiata

radicalmente: è sufficiente consultare un telefono per pochi secondi, in una pausa bagno o durante una passeggiata, per ricevere un'indicazione che trasforma un giocatore mediocre in un campione invincibile. La tentazione è tanto più forte quanto più la posta in gioco è alta: nei tornei con premi significativi, nella lotta per il titolo di grande maestro, nelle qualificazioni ai cicli mondiali, il vantaggio che un singolo suggerimento del motore può conferire è enorme, potenzialmente decisivo.

La Federazione Internazionale degli Scacchi ha risposto al problema con misure di sicurezza progressivamente più stringenti, che hanno trasformato l'ambiente dei tornei d'élite in qualcosa che ricorda una struttura ad alta sicurezza. Nei tornei più importanti, i giocatori sono sottoposti a controlli all'ingresso della sala di gioco con metal detector e scanner simili a quelli aeroportuali; l'uso di qualsiasi dispositivo elettronico nella sala di gioco è rigorosamente vietato; le pause bagno sono monitorate e limitate nel tempo; in alcuni casi, sono state installate telecamere e sistemi di rilevamento dei segnali radio. Queste misure, per quanto necessarie, hanno suscitato critiche da parte di giocatori e commentatori che le considerano invasive, lesive della dignità personale e incompatibili con lo spirito tradizionalmente cavalleresco degli scacchi. Il contrasto tra l'immagine idealizzata del gioco – due menti che si confrontano in silenzio, unite dal rispetto reciproco e dall'amore per la bellezza intellettuale – e la realtà delle perquisizioni e dei controlli elettronici è stato per molti un motivo di disagio e di riflessione amara sull'impatto della tecnologia su una tradizione secolare.

Parallelamente alle misure preventive, la comunità scacchistica ha sviluppato sofisticati metodi statistici per individuare i giocatori sospetti di cheating attraverso l'analisi delle loro partite. L'idea di base è semplice: se un giocatore produce sistematicamente mosse che coincidono con le prime scelte del motore in una percentuale significativamente superiore a quella attesa per un giocatore del suo livello, questo costituisce un indizio di assistenza computerizzata. Kenneth Regan, professore di informatica all'Università di Buffalo e maestro internazionale di scacchi, ha sviluppato il sistema statistico più autorevole e utilizzato in questo campo, un sistema che analizza la correlazione tra le mosse di un giocatore e le indicazioni dei motori tenendo conto del livello del giocatore, della difficoltà delle posizioni e della variabilità naturale delle prestazioni umane. Il sistema di Regan è

stato adottato dalla FIDE come strumento ufficiale per le indagini sui casi di cheating e ha contribuito all'identificazione e alla sanzionamento di numerosi giocatori. Tuttavia, il metodo statistico presenta limiti intrinseci: può identificare pattern sospetti, ma non può provare con certezza che un giocatore ha barato, poiché una prestazione eccezionale, per quanto improbabile, è sempre possibile. Questa incertezza ineliminabile ha reso l'applicazione delle sanzioni un terreno minato, in cui le accuse di cheating si intrecciano con questioni di reputazione, di presunzione di innocenza e di standard probatorio.

2. Il caso Carlsen-Niemann e le sue conseguenze

L'evento che ha portato il problema del cheating scacchistico all'attenzione dell'opinione pubblica mondiale è stata la controversia tra Magnus Carlsen e Hans Niemann, esplosa nel settembre 2022 durante il Sinquefield Cup, uno dei tornei più prestigiosi del circuito internazionale, e che ha generato un terremoto mediatico, legale e istituzionale senza precedenti nella storia degli scacchi. La vicenda meritò una ricostruzione dettagliata, poiché illustra con chiarezza quasi didascalica le complessità e le contraddizioni che il cheating pone alla comunità scacchistica e, per estensione, a qualsiasi comunità che debba confrontarsi con l'uso non autorizzato dell'intelligenza artificiale.

I fatti sono noti. Nella terza giornata del Sinquefield Cup, il diciannovenne americano Hans Niemann, un giocatore in rapida ascesa ma non ancora annoverato tra l'élite mondiale, sconfisse Magnus Carlsen, il campione del mondo in carica, giocando con il Nero in una partita che molti commentatori giudicarono di qualità straordinariamente elevata. Il giorno successivo, Carlsen si ritirò dal torneo senza fornire spiegazioni ufficiali, un gesto senza precedenti per un giocatore della sua statura. Nei giorni e nelle settimane seguenti, Carlsen insinuò attraverso dichiarazioni pubbliche e messaggi sui social media di ritenere che Niemann avesse barato, senza tuttavia presentare prove concrete. Niemann ammìse di aver utilizzato assistenza computerizzata in due occasioni in passato, quando era adolescente, su piattaforme online, ma negò categoricamente di aver mai barato in tornei dal vivo.

La vicenda degenerò rapidamente in una crisi che investì l'intera comunità scacchistica. Chess.com, la più grande piattaforma di scacchi online, pubblicò un rapporto dettagliato in cui sosteneva che le ammissioni di Niemann riguardo al cheating online erano incomplete e che l'analisi delle sue partite suggeriva un numero di episodi significativamente superiore a quello ammesso dal giocatore. Niemann reagì con una causa legale da cento milioni di dollari contro Carlsen, Chess.com e altri, sostenendo di essere stato vittima di una cospirazione volta a distruggere la sua carriera. La causa fu infine risolta con un accordo extragiudiziale nel 2023, i cui termini non furono resi pubblici. Carlsen, dal canto suo, fu criticato da alcuni per aver lanciato accuse gravi senza prove sufficienti, e lodato da altri per aver avuto il coraggio di affrontare un problema che molti nel mondo degli scacchi preferivano ignorare.

La controversia Carlsen-Niemann ebbe un impatto profondo e duraturo sulla comunità scacchistica, catalizzando un dibattito che covava da anni e accelerando una serie di riforme istituzionali. La FIDE istituì una commissione dedicata al problema del cheating e adottò un codice di condotta più rigoroso, che includeva sanzioni più severe per i giocatori trovati colpevoli di assistenza computerizzata e procedure più strutturate per le indagini. I tornei d'élite intensificarono le misure di sicurezza, introducendo in alcuni casi un ritardo nella trasmissione delle partite online per impedire che un complice potesse inviare suggerimenti in tempo reale. Chess.com e altre piattaforme online perfezionarono i loro algoritmi di rilevamento del cheating, investendo risorse significative nello sviluppo di sistemi capaci di distinguere il gioco assistito dal computer dal gioco umano eccezionale.

Ma al di là delle misure concrete, la vicenda pose una serie di questioni di principio che rimangono aperte e che rivestono un interesse che trascende il mondo degli scacchi. Come si concilia il diritto alla presunzione di innocenza con la necessità di proteggere l'integrità della competizione? Quale standard probatorio è appropriato quando le prove sono necessariamente statistiche e probabilistiche? Come si bilancia il diritto alla privacy del giocatore con la necessità di sorveglianza per prevenire il cheating? E come si gestisce una situazione in cui l'autorità morale di un singolo individuo, per quanto rispettato, può influenzare il destino di un altro in assenza di prove conclusive? Queste

domande, che nel contesto scacchistico hanno assunto una forma particolarmente acuta, sono le stesse che la società nel suo complesso si trova ad affrontare in un numero crescente di ambiti, dalla lotta al plagio accademico assistito dall'IA alla regolamentazione dell'uso degli algoritmi nelle competizioni professionali e sportive.

3. Verso una governance dell'integrità scacchistica nell'era dell'intelligenza artificiale

Il problema del cheating negli scacchi, nella sua evoluzione più recente, offre una prospettiva particolarmente illuminante sulle sfide che la diffusione dell'intelligenza artificiale pone alla società nel suo complesso, e le soluzioni che la comunità scacchistica sta sperimentando costituiscono un laboratorio in miniatura per la governance dell'IA. Il nucleo del problema è relativamente semplice da enunciare: quando uno strumento di intelligenza artificiale è universalmente disponibile e capace di conferire un vantaggio decisivo a chi lo utilizza, come si può garantire l'equità della competizione tra esseri umani che dovrebbero competere sulla base delle proprie capacità? La risposta, come dimostra l'esperienza scacchistica, non può essere affidata a un singolo strumento – né la sola sorveglianza tecnologica, né la sola analisi statistica, né la sola sanzione regolamentare – ma richiede un approccio integrato che combini prevenzione, rilevamento e sanzione in un quadro coerente e rispettoso dei diritti fondamentali.

Le piattaforme di scacchi online, in particolare, hanno sviluppato approcci al rilevamento del cheating che presentano un interesse notevole per il campo più ampio della sicurezza dell'IA. Chess.com, la più grande piattaforma con oltre cento milioni di utenti registrati, utilizza un sistema multilivello che combina l'analisi statistica delle mosse con l'analisi comportamentale del giocatore: non soltanto la correlazione tra le mosse giocate e le indicazioni del motore, ma anche il tempo impiegato per ciascuna mossa, i pattern di navigazione tra le finestre del browser, le variazioni di prestazione tra partite diverse e nel corso della stessa partita. Questo approccio multimodale, che cerca di catturare non soltanto il prodotto del cheating ma anche il processo attraverso cui avviene, è analogo alle tecniche di rilevamento delle frodi finanziarie e di cybersecurity, e illustra come le competenze sviluppate in un dominio specifico possano essere trasferite ad altri.

Ma il problema del cheating scacchistico pone anche questioni di natura più fondamentale, che investono il significato stesso della competizione intellettuale nell'era dell'intelligenza artificiale. Se un programma di scacchi gioca in modo indistinguibile da un essere umano di altissimo livello, e se la differenza tra il gioco assistito dal computer e il gioco umano eccezionale è impossibile da determinare con certezza, che cosa resta del concetto di merito individuale nella competizione scacchistica? E se estendiamo la domanda al di là degli scacchi, cosa ne è del merito individuale in un mondo in cui l'IA può assistere qualsiasi attività intellettuale, dall'esame universitario alla produzione artistica, dalla redazione di un contratto alla diagnosi medica? Il problema del cheating scacchistico, in questa prospettiva, è un'anticipazione di una sfida molto più ampia e consequenziale: quella di definire e proteggere l'autenticità della prestazione umana in un'epoca in cui il confine tra intelligenza umana e intelligenza artificiale diventa sempre più sfumato.

La comunità scacchistica sta esplorando anche risposte di natura strutturale al problema del cheating, risposte che vanno oltre la sorveglianza e la sanzione per ridisegnare le regole stesse della competizione. Il campione del mondo Magnus Carlsen ha sostenuto con forza l'introduzione del Fischer Random Chess, noto anche come Chess960, come formato principale per le competizioni di alto livello. In questo formato, inventato dall'ex campione del mondo Bobby Fischer, la posizione iniziale dei pezzi sulla prima traversa è determinata casualmente, con 960 possibili configurazioni di partenza, il che rende sostanzialmente inutile la preparazione computerizzata delle aperture e restituisce centralità alla capacità di pensiero originale del giocatore. Il Chess960 non elimina completamente il rischio di cheating – un giocatore potrebbe comunque consultare un motore durante la partita – ma ne riduce significativamente l'incentivo, poiché la componente della partita in cui il cheating è più efficace, la preparazione delle aperture, viene neutralizzata dalla casualità della posizione di partenza. Il crescente successo del Chess960, culminato nell'organizzazione del primo campionato del mondo ufficiale nel 2019 vinto dallo stesso Carlsen, suggerisce che la comunità scacchistica sta attivamente cercando modi per adattare le regole del gioco alla nuova realtà tecnologica, un processo di adattamento istituzionale che offre lezioni

preziose per tutti i settori in cui l'IA sta trasformando le condizioni della competizione umana.

Capitolo 10

Gli scacchi nell'era digitale: piattaforme, streaming e nuovi pubblici

Sommario: *1. La rinascita degli scacchi: pandemia, Netflix e lo streaming – 2. Le piattaforme online e la trasformazione dell'esperienza scacchistica – 3. La nuova cultura scacchistica: inclusione, IA e il futuro del gioco.*

---

1. La rinascita degli scacchi: pandemia, Netflix e lo streaming

La trasformazione degli scacchi nell'era digitale non si è limitata all'impatto dei motori sulla teoria e sulla pratica del gioco ad alto livello, ma ha investito l'intero ecosistema scacchistico, dalla base degli appassionati alle vette della competizione internazionale, dai modelli di fruizione alla natura stessa della cultura scacchistica. L'avvento delle piattaforme online, dello streaming, dei social media e dell'intelligenza artificiale ha prodotto una rinascita del gioco che, per dimensioni e rapidità, non ha precedenti nella storia millenaria degli scacchi, trasformandoli da disciplina di nicchia, coltivata da un pubblico relativamente ristretto di appassionati, in fenomeno culturale di massa, seguito e praticato da centinaia di milioni di persone in tutto il mondo.

Il catalizzatore di questa rinascita fu, in modo per certi versi paradossale, un evento estraneo al mondo degli scacchi in senso stretto: la pandemia di Covid-19 del 2020. Il confinamento forzato di miliardi di persone nelle proprie abitazioni creò un'esplosione della domanda di attività intellettuali praticabili a distanza, e gli scacchi, con la loro natura intrinsecamente adatta al gioco online, ne beneficiarono in misura straordinaria. Chess.com, la piattaforma commerciale più diffusa, passò da circa 30 milioni di utenti registrati all'inizio del 2020 a oltre 100 milioni alla fine del 2021, con un incremento del traffico giornaliero che in alcuni periodi raggiunse il 300 per cento. Lichess, la piattaforma open source e gratuita fondata nel 2010 dal programmatore francese Thibault Duplessis, conobbe una crescita analoga, superando i 300.000 giocatori simultanei in alcuni momenti di picco. Queste cifre, impensabili ancora pochi anni prima, testimoniavano una

trasformazione epocale nella base di praticanti del gioco e ponevano sfide inedite in termini di infrastruttura tecnica, moderazione, formazione e integrazione dei nuovi utenti.

Ma la pandemia fu soltanto un acceleratore di tendenze che erano già in atto. Un ruolo decisivo nella popolarizzazione degli scacchi fu giocato dalla serie televisiva The Queen's Gambit, prodotta da Netflix e trasmessa nell'ottobre 2020, che racconta la storia fittizia di una giovane prodigio degli scacchi nell'America degli anni Sessanta. La serie, acclamata dalla critica e seguita da oltre 62 milioni di famiglie nelle prime quattro settimane, ebbe un impatto culturale straordinario, rendendo gli scacchi glamour e accessibili a un pubblico che non li aveva mai considerati. Le vendite di scacchiere e set da scacchi aumentarono vertiginosamente, le ricerche online per come giocare a scacchi raggiunsero livelli record, e un'intera generazione di giovani, soprattutto donne, si avvicinò al gioco per la prima volta. Questo fenomeno mediatico, combinato con la disponibilità di piattaforme online gratuite e di strumenti di apprendimento basati sull'IA, creò un circolo virtuoso che alimentò la crescita del gioco ben oltre la durata della pandemia.

Un terzo fattore, non meno importante dei primi due, fu l'emergere dello streaming scacchistico su piattaforme come Twitch e YouTube. Personalità come Hikaru Nakamura, grande maestro americano e streamer di enorme successo, il divulgatore Levy Rozman, noto online come GothamChess, e la campionessa mondiale femminile Alexandra Botez, insieme alla sorella Andrea, trasformarono gli scacchi in uno spettacolo di intrattenimento capace di attirare centinaia di migliaia di spettatori simultanei. Lo streaming scacchistico univa la dimensione competitiva del gioco con la personalità e il carisma degli streamer, creando un'esperienza che era al contempo educativa, divertente e socialmente coinvolgente. Nakamura, in particolare, divenne una figura chiave di questa trasformazione: grande maestro di livello mondiale e giocatore di lampo tra i migliori della storia, trasferiva sulla piattaforma di streaming l'intensità e la passione delle competizioni dal vivo, commentando le proprie partite in tempo reale, analizzando le partite dei suoi follower, organizzando sfide e tornei che attiravano milioni di visualizzazioni.

2. Le piattaforme online e la trasformazione dell'esperienza scacchistica

Le piattaforme di scacchi online hanno trasformato non soltanto la scala del gioco ma anche la sua natura, introducendo formati, strumenti e dinamiche che hanno profondamente modificato l'esperienza del giocatore a ogni livello. Il cambiamento più significativo riguarda i formati di gioco. Se gli scacchi tradizionali, giocati nei tornei dal vivo, prevedono controlli del tempo che vanno da un'ora e mezza a sei ore per partita, le piattaforme online hanno reso enormemente popolari i formati rapidi: il blitz, con pochi minuti per giocatore, e il bullet, con un minuto o anche meno per parte. Questi formati, che nel mondo degli scacchi dal vivo erano considerati poco più che un divertimento informale, sono diventati online la modalità di gioco predominante, praticata dalla stragrande maggioranza degli utenti. Il blitz e il bullet hanno un ritmo incalzante, una componente di adrenalina che li avvicina ai videogiochi competitivi, e una bassa barriera all'ingresso: una partita dura pochi minuti, non richiede un impegno prolungato e può essere giocata in qualsiasi momento della giornata. Questa accessibilità ha contribuito enormemente alla popolarizzazione del gioco, ma ha anche sollevato preoccupazioni tra gli allenatori e i pedagogisti, che temono che l'eccesso di blitz comprometta lo sviluppo del pensiero profondo e della capacità di analisi necessari per il gioco a tempo lungo.

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nelle piattaforme di gioco ha aggiunto una dimensione completamente nuova all'esperienza del giocatore online. Sia Chess.com sia Lichess offrono analisi automatica delle partite con il motore, che permette a qualsiasi utente di rivedere le proprie partite con le indicazioni di Stockfish, identificando gli errori, le imprecisioni e le occasioni mancate. Questa funzionalità, che pochi anni fa sarebbe stata appannaggio esclusivo dei professionisti, è oggi disponibile gratuitamente per centinaia di milioni di giocatori, e ha trasformato il modo in cui i principianti e i giocatori intermedi studiano e migliorano. Le piattaforme offrono anche strumenti di apprendimento basati sull'IA che analizzano le partite del giocatore e identificano i pattern di errore ricorrenti, suggerendo esercizi e lezioni mirati. Questa personalizzazione dell'apprendimento, resa possibile dall'IA, rappresenta un salto

qualitativo rispetto ai metodi di studio tradizionali, che erano necessariamente generici e non potevano adattarsi alle esigenze specifiche di ciascun giocatore.

Un'altra innovazione significativa delle piattaforme online è la gamification dell'esperienza scacchistica, ossia l'introduzione di elementi di design tipici dei videogiochi per rendere il gioco più coinvolgente e gratificante. I sistemi di punteggio Elo, le classifiche, i badge, le sfide giornaliere, i tornei a eliminazione e le leghe per livello di gioco creano un ecosistema di incentivi che stimola la pratica regolare e la competizione sociale. Questa gamification è stata criticata da alcuni puristi, che la considerano una banalizzazione di un'attività intellettuale nobile, e lodata da altri come un modo efficace per attirare e trattenere nuovi giocatori in un'epoca in cui la concorrenza per l'attenzione dei giovani è feroce. L'emergere degli scacchi come disciplina di esports, con tornei online con montepremi significativi e un seguito di spettatori paragonabile a quello dei videogiochi competitivi, è una manifestazione di questa tendenza e rappresenta un'ulteriore evoluzione dell'identità degli scacchi nel panorama culturale contemporaneo.

La coesistenza degli scacchi online e degli scacchi dal vivo ha creato una realtà ibrida che pone sfide inedite alla comunità scacchistica e alle istituzioni che la governano. La FIDE, fondata nel 1924 per regolamentare gli scacchi competitivi tra giocatori che si incontravano fisicamente in tornei dal vivo, si trova oggi a dover gestire un ecosistema in cui la stragrande maggioranza delle partite si gioca online, su piattaforme commerciali su cui la federazione internazionale ha un'autorità limitata. Le questioni di integrità, di classificazione, di riconoscimento dei titoli e di governance che questa situazione solleva sono complesse e non hanno precedenti nel mondo dello sport e della competizione intellettuale. Come si può garantire l'integrità delle classifiche quando la possibilità di cheating online è molto più difficile da controllare rispetto ai tornei dal vivo? Come si integrano i risultati ottenuti online con quelli ottenuti dal vivo per la valutazione dei giocatori? E come si bilancia il desiderio di inclusività e accessibilità, che le piattaforme online realizzano in modo straordinario, con la necessità di mantenere standard di integrità e di equità che sono il fondamento della competizione scacchistica?

3. La nuova cultura scacchistica: inclusione, IA e il futuro del gioco

La rinascita degli scacchi nell'era digitale non è soltanto un fenomeno quantitativo, misurabile in termini di utenti registrati, partite giocate e visualizzazioni streaming: è anche, e forse soprattutto, una trasformazione qualitativa della cultura scacchistica, del modo in cui il gioco è percepito, vissuto e significato dalla società contemporanea. Per comprendere la portata di questa trasformazione, è utile considerare lo stato degli scacchi alla vigilia della rivoluzione digitale. Alla fine del XX secolo, gli scacchi erano una disciplina in declino demografico nei paesi occidentali: il pubblico si restringeva, i tornei faticavano a trovare sponsor, i media tradizionali dedicavano al gioco uno spazio sempre più marginale, e l'immagine pubblica degli scacchi era quella di un'attività elitaria, intellettualmente intimidatoria e socialmente poco attraente. La vittoria di Deep Blue su Kasparov nel 1997, per quanto spettacolare dal punto di vista mediatico, aveva paradossalmente contribuito a questa crisi, alimentando la percezione che gli scacchi fossero un gioco risolto, in cui la macchina aveva definitivamente superato l'essere umano e il fascino della sfida intellettuale era svanito.

La rinascita digitale ha rovesciato questa narrativa in modo radicale. Gli scacchi del XXI secolo non sono il gioco austero e intimidatorio del passato, ma un'attività accessibile, sociale, divertente e culturalmente rilevante. L'ingresso di milioni di nuovi giocatori, molti dei quali giovani e provenienti da contesti sociali e culturali lontani dalla tradizione scacchistica, ha diversificato profondamente la comunità del gioco, rompendo barriere di genere, età, nazionalità e classe sociale che avevano caratterizzato gli scacchi per secoli. Le donne, storicamente sottorappresentate nel mondo degli scacchi per ragioni culturali e istituzionali più che cognitive, hanno beneficiato in modo particolare della rivoluzione digitale: piattaforme come Chess.com e Lichess offrono un ambiente in cui è possibile giocare senza le pressioni sociali che molte donne percepiscono nei circoli e nei tornei dal vivo, e la visibilità di figure come le sorelle Botez e la campionessa mondiale Ju Wenjun ha contribuito a normalizzare la presenza femminile nel gioco.

L'intelligenza artificiale ha avuto un ruolo cruciale in questa rinascita, non soltanto come motore di analisi per i professionisti, ma anche come strumento di

apprendimento per i milioni di nuovi giocatori che si avvicinano al gioco. I bot scacchistici basati sull'IA, disponibili sulle principali piattaforme, offrono avversari di qualsiasi livello, dal principiante assoluto al grande maestro, con personalità e stili di gioco diversi che rendono l'esperienza di apprendimento più coinvolgente e meno frustrante di quella tradizionale. Chess.com ha introdotto bot con personalità distintive, ciascuno con punti di forza e debolezze specifiche, che simulano l'esperienza di giocare contro avversari umani di diversi livelli e stili; Lichess offre un motore gratuito che può essere regolato a qualsiasi livello di forza, permettendo al giocatore di sfidare un avversario sempre calibrato sulle proprie capacità. Questi strumenti hanno abbassato drasticamente la barriera all'ingresso del gioco, permettendo a chiunque di iniziare a giocare senza la necessità di trovare un avversario umano di livello adeguato, e di migliorare progressivamente seguendo un percorso di apprendimento personalizzato e assistito dall'IA.

La trasformazione culturale degli scacchi nell'era digitale solleva, infine, una domanda fondamentale che riecheggia l'intero percorso di questo libro: che cosa sono diventati gli scacchi nell'era dell'intelligenza artificiale? Sono ancora lo stesso gioco che affascinava i sovrani persiani, i cavalieri medievali e i filosofi illuministi, o sono diventati qualcosa di fondamentalmente diverso? La risposta, come spesso accade con le grandi trasformazioni culturali, è che sono entrambe le cose. Nella loro essenza – le sessantaquattro caselle, i trentadue pezzi, le regole immutabili – gli scacchi rimangono identici al gioco che Shannon e Turing studiavano settant'anni fa, e la bellezza delle combinazioni, la profondità delle manovre strategiche, l'emozione della lotta sulla scacchiera sono le stesse che gli appassionati hanno conosciuto per secoli. Ma il contesto in cui il gioco si svolge, gli strumenti con cui viene studiato, il pubblico che lo pratica, il significato culturale che gli viene attribuito sono profondamente cambiati, e continueranno a cambiare con l'evoluzione dell'intelligenza artificiale e delle tecnologie digitali. Gli scacchi, in questo senso, si confermano ciò che sono sempre stati: uno specchio delle trasformazioni della società che li pratica, un microcosmo in cui si riflettono le grandi questioni del tempo. E la questione del nostro tempo, come i capitoli che seguono approfondiranno, è quella del rapporto tra l'intelligenza umana e l'intelligenza artificiale in tutte le sue dimensioni: cognitiva, etica, giuridica e sociale.

PARTE QUARTA

Riflessioni filosofiche e giuridiche

Capitolo 11

Che cosa ci insegnano gli scacchi sull'intelligenza artificiale (e viceversa)

Sommario: *1. Prestazione e comprensione: il nodo filosofico dell'intelligenza artificiale – 2. La creatività artificiale: le partite di AlphaZero e la sfida alle categorie tradizionali – 3. Dalla scacchiera al mondo reale: limiti e possibilità del trasferimento delle competenze.*

---

1. Prestazione e comprensione: il nodo filosofico dell'intelligenza artificiale

Il percorso che abbiamo compiuto nelle pagine precedenti, dalla nascita degli scacchi come paradigma dell'intelligenza alla rivoluzione di AlphaZero e alla trasformazione digitale della cultura scacchistica, ci conduce ora al cuore filosofico di questo libro: la domanda su che cosa gli scacchi ci insegnano sull'intelligenza artificiale e, reciprocamente, su che cosa l'intelligenza artificiale ci insegna sugli scacchi e, più in generale, sulla natura dell'intelligenza umana. Questa duplice interrogazione non è un esercizio speculativo astratto, ma un'indagine che ha conseguenze concrete per il modo in cui progettiamo, regolamentiamo e utilizziamo i sistemi di intelligenza artificiale nella società contemporanea. Gli scacchi, come abbiamo visto, hanno funzionato per settant'anni come il laboratorio più trasparente e misurabile dell'IA, e le lezioni che se ne possono trarre illuminano questioni che si ripresentano, in forme più complesse e consequenziali, in ogni ambito in cui l'intelligenza artificiale viene applicata.

La prima e più fondamentale di queste lezioni riguarda la distinzione tra prestazione e comprensione, tra la capacità di produrre il risultato corretto e la capacità di capire perché quel risultato è corretto. Questa distinzione, che nei capitoli precedenti abbiamo incontrato a proposito della conoscenza opaca dei motori scacchistici, costituisce uno dei nodi concettuali più profondi e più attuali della filosofia dell'intelligenza artificiale. Deep Blue vinceva a scacchi senza capire gli scacchi: esaminava milioni di posizioni al secondo, applicava una funzione di

valutazione programmata da esseri umani e selezionava la mossa con la valutazione più alta, senza avere alcuna rappresentazione interna del significato del gioco, delle ragioni per cui una posizione è migliore di un'altra, del senso di una manovra strategica. AlphaZero, pur utilizzando un approccio radicalmente diverso, solleva la stessa questione in forma ancora più acuta: il sistema ha appreso da solo a giocare a scacchi a un livello sovrumano, sviluppando quello che gli esperti riconoscono come una profonda comprensione posizionale, ma questa comprensione è codificata nei milioni di parametri di una rete neurale la cui logica interna è inaccessibile all'analisi umana. AlphaZero comprende gli scacchi? La risposta dipende da ciò che intendiamo per comprendere, e la questione ci riporta direttamente al dibattito filosofico inaugurato da Turing nel 1950 con il suo test dell'intelligenza.

Il filosofo americano John Searle, nella sua celebre parabola della stanza cinese del 1980, argomentò che un sistema capace di produrre output corretti non per questo comprende ciò che fa: un uomo chiuso in una stanza che manipola simboli cinesi seguendo regole sintattiche, producendo risposte corrette a domande in cinese, non comprende il cinese, anche se dall'esterno il suo comportamento è indistinguibile da quello di un parlante nativo. L'argomento di Searle, applicato agli scacchi, suggerirebbe che Deep Blue e AlphaZero non comprendono gli scacchi, indipendentemente dalla qualità del loro gioco, perché mancano della dimensione semantica, dell'esperienza soggettiva, della consapevolezza che, secondo Searle, sono costitutive della vera comprensione. Ma questa posizione è stata contestata da numerosi filosofi e scienziati cognitivi, che hanno osservato che l'argomento della stanza cinese si basa su una concezione della comprensione che potrebbe essere troppo restrittiva e, in ultima analisi, inapplicabile anche agli esseri umani: dopotutto, anche il cervello umano manipola segnali elettrochimici secondo regole fisiche, e la coscienza e la comprensione emergono da questa manipolazione in modi che non comprendiamo ancora pienamente.

Nel caso specifico di AlphaZero, la questione assume una sfumatura ulteriore. Il sistema non si limita a eseguire regole programmate dall'esterno, come Deep Blue, ma ha sviluppato autonomamente le proprie rappresentazioni interne del

gioco attraverso l'esperienza dell'auto-apprendimento. Le analisi dei ricercatori di DeepMind hanno mostrato che i neuroni della rete di AlphaZero hanno sviluppato sensibilità a concetti scacchistici specifici: alcuni neuroni si attivano in presenza di strutture pedonali particolari, altri rispondono alla sicurezza del re, altri ancora alla coordinazione tra i pezzi. Queste rappresentazioni emergenti, che nessun programmatore ha esplicitamente inserito nel sistema, assomigliano in modo suggestivo ai chunks identificati dalla ricerca di Chase e Simon nel pensiero dei grandi maestri umani. Se un grande maestro comprende una posizione perché la riconosce come appartenente a una famiglia di posizioni note, e se AlphaZero fa qualcosa di funzionalmente analogo attraverso le attivazioni della propria rete neurale, la differenza tra i due tipi di comprensione è una differenza di grado o di natura? Questa domanda rimane aperta e costituisce uno dei terreni di indagine più fertili della filosofia dell'intelligenza artificiale contemporanea.

2. La creatività artificiale: le partite di AlphaZero e la sfida alle categorie tradizionali

La seconda grande lezione che gli scacchi offrono all'intelligenza artificiale riguarda il concetto di creatività, una nozione che la tradizione filosofica e culturale ha a lungo considerato come un attributo specificamente e irriducibilmente umano, e che i risultati di AlphaZero hanno costretto a riconsiderare in profondità. La creatività scacchistica è una delle forme di creatività più studiate e meglio definite: consiste nella capacità di trovare mosse e piani che sono al contempo efficaci, ossia che migliorano la posizione o conducono alla vittoria, e sorprendenti, ossia che non sono immediatamente evidenti e che rivelano aspetti della posizione che un osservatore meno attento non avrebbe colto. Le più grandi partite della storia degli scacchi sono celebrate per la loro creatività: il sacrificio di torre di Morphy all'Opera di Parigi nel 1858, la combinazione cosmica di Tal contro Fischer nel 1959, il sacrificio di donna di Kasparov contro Topalov nel 1999 sono tutti esempi di mosse che uniscono efficacia tattica e bellezza estetica, producendo nell'osservatore esperto un'esperienza che è al contempo intellettuale e emotiva.

Le partite di AlphaZero hanno mostrato, in modo che molti hanno trovato sconvolgente, che un sistema artificiale può produrre giocate che soddisfano

pienamente questi criteri di creatività. I sacrifici posizionali di AlphaZero, le sue manovre di lungo respiro, la sua capacità di creare posizioni in cui l'avversario viene progressivamente soffocato senza una ragione tatticamente evidente, sono stati riconosciuti dai più grandi esperti come genuinamente creativi, paragonabili e talvolta superiori alle più belle creazioni dei campioni umani. Questo risultato sfida direttamente la concezione romantica della creatività come espressione della soggettività individuale, dell'ispirazione, del genio irripetibile. Se un sistema che non ha soggettività, che non prova ispirazione, che non ha consapevolezza di sé può produrre output che gli esperti riconoscono come creativi, allora la creatività, almeno nella sua dimensione scacchistica, non può essere definita esclusivamente in termini di soggettività e di ispirazione, ma deve includere una componente oggettiva, riconoscibile nell'output indipendentemente dal processo che lo ha generato.

Questa conclusione non implica necessariamente che AlphaZero sia creativo nello stesso senso in cui lo è un essere umano. Si può argomentare che la creatività umana ha una dimensione fenomenologica – l'esperienza del momento eureka, la gioia della scoperta, il senso di realizzazione – che è assente nel sistema artificiale, e che questa dimensione è costitutiva del significato che la creatività ha per noi come esseri umani. Un grande maestro che scopre un sacrificio brillante vive un'esperienza che trasforma il suo rapporto con la posizione, con il gioco e con sé stesso; AlphaZero, presumibilmente, non vive nulla. Ma questa distinzione, per quanto filosoficamente rilevante, non diminuisce il fatto che il sistema produce risultati oggettivamente creativi, e che questi risultati hanno un impatto reale sulla conoscenza scacchistica e sulla pratica del gioco. La creatività di AlphaZero, in altre parole, è funzionalmente reale anche se fenomenologicamente vuota, e questa constatazione ci costringe a ripensare le nostre categorie concettuali in un modo che ha implicazioni che vanno ben oltre gli scacchi.

L'esperienza degli scacchi suggerisce inoltre una riflessione sulla relazione tra creatività e vincoli. Una delle osservazioni più interessanti emerse dall'analisi delle partite di AlphaZero è che il sistema è più creativo, non meno, quando opera entro vincoli più stringenti: posizioni chiuse, strutture pedonali fisse, spazi ristretti sono precisamente le condizioni in cui AlphaZero produce le sue manovre più originali e

sorprendenti. Questa osservazione risuona con una tradizione filosofica ed estetica che ha sempre riconosciuto il ruolo generativo dei vincoli nella creatività: il sonetto non è meno creativo del verso libero per il fatto di essere costretto in una forma rigida; anzi, molti poeti hanno sostenuto che la costrizione formale stimola la creatività costringendo l'autore a trovare soluzioni inattese. Negli scacchi, AlphaZero sembra confermare questa intuizione: è precisamente là dove le possibilità sono più limitate e le scelte più difficili che il sistema trova le risorse più sorprendenti, e questa dinamica ci suggerisce che la creatività, lungi dall'essere il prodotto della libertà assoluta, emerge spesso dalla tensione tra la volontà di raggiungere un obiettivo e la resistenza dell'ambiente, una tensione che può essere sperimentata tanto da un essere umano quanto da un sistema artificiale.

3. Dalla scacchiera al mondo reale: limiti e possibilità del trasferimento delle competenze

La terza grande lezione che gli scacchi offrono alla riflessione sull'intelligenza artificiale riguarda i limiti e le possibilità del trasferimento delle competenze dall'IA al mondo reale, un tema che è al centro del dibattito contemporaneo sull'impatto sociale e economico dell'intelligenza artificiale. La storia dell'IA scacchistica è costellata di previsioni errate fondate sull'assunzione che il successo negli scacchi si sarebbe tradotto automaticamente in successo in altri domini. Quando Deep Blue sconfisse Kasparov nel 1997, molti commentatori predissero che l'IA avrebbe presto superato l'essere umano in tutti i campi del sapere, dalla medicina al diritto, dalla composizione musicale alla ricerca scientifica. Queste previsioni si rivelarono premature, non perché l'IA non fosse capace di progressi straordinari in altri domini, ma perché sottovalutavano le differenze fondamentali tra gli scacchi e la maggior parte dei problemi del mondo reale.

Gli scacchi, come abbiamo analizzato nel primo capitolo, sono un dominio chiuso, deterministico, a informazione perfetta, con regole fisse e un criterio di successo univoco. La stragrande maggioranza dei problemi del mondo reale non condivide nessuna di queste proprietà: l'informazione è incompleta e spesso inaffidabile, le regole sono ambigue e mutevoli, gli obiettivi sono molteplici e potenzialmente in conflitto, il contesto è in continua evoluzione e le conseguenze delle decisioni si dispiegano nel tempo in modi difficilmente prevedibili. Un

medico che deve diagnosticare una malattia opera in condizioni di incertezza radicale: non conosce tutti i sintomi, non può osservare direttamente tutti i processi fisiologici, deve tenere conto delle preferenze e dei valori del paziente, deve bilanciare i rischi e i benefici di diverse opzioni terapeutiche in un contesto in cui le evidenze scientifiche sono spesso incomplete o contraddittorie. Un giudice che deve decidere una causa opera in un contesto in cui le regole giuridiche sono soggette a interpretazione, i fatti sono contestati, i valori in gioco sono molteplici e la decisione ha conseguenze che si estendono ben oltre le parti in causa. In entrambi i casi, le competenze richieste vanno ben oltre la capacità di calcolo e di ottimizzazione in cui l'IA eccelle, e includono il giudizio, l'empatia, la saggezza pratica, la capacità di operare nell'incertezza e la responsabilità morale.

Questo non significa che le lezioni dell'IA scacchistica siano irrilevanti per il mondo reale. Al contrario, alcune delle intuizioni più profonde emerse dalla storia degli scacchi e dell'IA si sono rivelate direttamente applicabili ad altri domini. La tecnica della ricerca ad albero Monte Carlo, sviluppata nel contesto del go e degli scacchi, è oggi utilizzata in una vasta gamma di applicazioni, dalla progettazione di farmaci alla pianificazione logistica, dalla robotica alla generazione di linguaggio naturale. L'approccio dell'apprendimento per rinforzo, che ha trovato in AlphaZero la sua dimostrazione più spettacolare, è alla base di sistemi che controllano impianti industriali, gestiscono portfolio finanziari, ottimizzano reti di telecomunicazione e conducono veicoli autonomi. E il principio della collaborazione uomo-macchina, sperimentato per la prima volta negli scacchi centauro, è diventato il paradigma dominante nell'applicazione dell'IA alla medicina, al diritto, alla progettazione ingegneristica e a molti altri campi, dove il sistema artificiale assiste l'essere umano senza sostituirlo, fornendo analisi e suggerimenti che l'esperto umano valuta, filtra e integra nel proprio giudizio.

Ma il trasferimento più importante che gli scacchi offrono al mondo reale non è tecnico, è concettuale. L'esperienza scacchistica ci ha insegnato che l'IA non è un sostituto dell'intelligenza umana, ma un tipo diverso di intelligenza, con punti di forza e debolezze complementari a quelli della mente umana. L'IA eccelle nel calcolo, nella ricerca esaustiva, nel riconoscimento di pattern, nella gestione di grandi quantità di dati; l'essere umano eccelle nella comprensione del contesto, nel

ragionamento analogico, nella valutazione morale, nella gestione dell'ambiguità e dell'incertezza, nella comunicazione e nella relazione interpersonale. I risultati migliori si ottengono quando le due forme di intelligenza collaborano, ciascuna apportando ciò che l'altra non può offrire. Questa lezione, appresa sulla scacchiera, è forse il contributo più duraturo che gli scacchi offrono alla riflessione sull'intelligenza artificiale, e la sua importanza crescerà man mano che l'IA pervaderà sempre più profondamente ogni aspetto della vita umana.

L'esperienza degli scacchi ci mette in guardia anche contro due errori simmetrici che ricorrono costantemente nel dibattito pubblico sull'IA: da un lato, l'errore dell'antropomorfizzazione, che consiste nell'attribuire ai sistemi artificiali qualità umane come la comprensione, l'intenzione, la creatività nel senso pieno del termine, semplicemente perché i loro output assomigliano a quelli che un essere umano dotato di queste qualità produrrebbe; dall'altro lato, l'errore della sottovalutazione, che consiste nel negare la rilevanza e la portata dei risultati dell'IA semplicemente perché il processo attraverso cui sono ottenuti è diverso da quello umano. La storia degli scacchi mostra che entrambi gli errori sono fuorvianti: Deep Blue non capiva gli scacchi, ma la sua vittoria su Kasparov era reale e le sue conseguenze profonde; AlphaZero non è creativo nel senso fenomenologico del termine, ma le sue partite contengono idee di valore genuino che hanno arricchito la conoscenza scacchistica dell'umanità. La sfida intellettuale che l'IA ci pone non è quella di decidere se le macchine pensano come noi, ma quella di comprendere che cosa fanno effettivamente e come possiamo trarne il massimo beneficio, con la lucidità di chi non si lascia né abbagliare né intimidire dalla potenza della tecnologia.

Capitolo 12

Profili etici e giuridici dell'intelligenza artificiale negli scacchi

Sommario: *1. La proprietà intellettuale delle partite generate dall'IA e il quadro normativo europeo – 2. Responsabilità algoritmica e governance delle decisioni automatizzate – 3. La regolamentazione delle competizioni scacchistiche nell'era dell'intelligenza artificiale.*

---

1. La proprietà intellettuale delle partite generate dall'IA e il quadro normativo europeo

Le implicazioni giuridiche dell'intelligenza artificiale negli scacchi costituiscono un territorio ancora largamente inesplorato dalla dottrina, ma di crescente rilevanza pratica e teorica, che offre un'occasione preziosa per applicare le categorie del diritto a un dominio in cui la tecnologia ha già prodotto trasformazioni profonde e in cui le questioni giuridiche, pur presentandosi in una forma relativamente circoscritta, prefigurano problemi che si porranno con urgenza ben maggiore in altri ambiti. Il primo e più evidente di questi problemi riguarda la proprietà intellettuale delle partite generate dall'intelligenza artificiale, una questione che potrebbe apparire marginale ma che tocca in realtà un nodo fondamentale del diritto d'autore: la tutela delle opere creative prodotte da entità non umane.

Nel diritto d'autore italiano e, più in generale, nella tradizione giuridica continentale, la protezione è riservata alle opere dell'ingegno che presentano carattere creativo e che sono espressione del lavoro intellettuale di un autore, inteso come persona fisica. Questa impostazione, radicata nella concezione personalistica del diritto d'autore che caratterizza la tradizione europea, esclude in linea di principio la possibilità che un sistema di intelligenza artificiale possa essere considerato autore di un'opera protetta. Nel contesto scacchistico, ciò significa che le partite generate da AlphaZero o da Stockfish, per quanto possano presentare un valore estetico e intellettuale riconosciuto dagli esperti, non sono

tutelabili come opere dell'ingegno nel senso della legge sul diritto d'autore, poiché mancano del requisito dell'autorialità umana. Questa conclusione, apparentemente lineare, solleva però una serie di questioni più sottili: che cosa accade quando un grande maestro utilizza le indicazioni di un motore per preparare una novità teorica che poi gioca in torneo? La novità è opera del giocatore umano o del motore? E se un allenatore compila una raccolta di partite commentate di AlphaZero, aggiungendo le proprie analisi e interpretazioni, quale parte dell'opera è tutelabile e quale no?

Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale, entrato in vigore nel 2024, non affronta direttamente la questione della proprietà intellettuale delle opere generate dall'IA, concentrandosi piuttosto sulla classificazione dei sistemi di IA in base al rischio e sulla definizione degli obblighi di trasparenza, sicurezza e governance. Tuttavia, il quadro normativo europeo in materia di IA ha implicazioni indirette per il mondo degli scacchi, in particolare per quanto riguarda gli obblighi di trasparenza dei sistemi di rilevamento del cheating utilizzati dalle piattaforme online. Un sistema come quello di Chess.com, che utilizza algoritmi di IA per identificare i giocatori sospetti di assistenza computerizzata e che può decidere di sospendere o espellere un giocatore sulla base delle risultanze dell'analisi algoritmica, opera in un ambito che il Regolamento europeo potrebbe qualificare come sistema di IA ad alto rischio, nella misura in cui produce effetti significativi sulla reputazione e sulla carriera delle persone interessate. In questo caso, il Regolamento imporrebbe obblighi di trasparenza sulla logica del sistema, di supervisione umana sulle decisioni automatizzate e di garanzia del diritto alla contestazione da parte del soggetto interessato, obblighi che le piattaforme scacchistiche dovranno progressivamente integrare nei propri processi decisionali.

La legge italiana sull'intelligenza artificiale, la legge 132 del 2025, che rappresenta il primo tentativo di un ordinamento nazionale europeo di tradurre in norme interne i principi del Regolamento europeo e di affrontare le specificità del contesto italiano, offre ulteriori spunti di riflessione per il mondo degli scacchi. La legge prevede, tra l'altro, principi generali sull'uso dell'intelligenza artificiale che includono la trasparenza, l'equità, la non discriminazione e la supervisione umana,

principi che si applicano potenzialmente a qualsiasi contesto in cui sistemi di IA producono decisioni che incidono sulla sfera giuridica delle persone. Nel contesto scacchistico, questi principi potrebbero essere invocati, ad esempio, da un giocatore che contesti una sanzione per cheating basata esclusivamente sull'analisi algoritmica, rivendicando il diritto a una spiegazione intelligibile delle ragioni della sanzione e a una revisione della decisione da parte di un essere umano competente. La casistica è ancora inesistente, ma le premesse normative per un contenzioso di questo tipo sono già tutte presenti nel quadro giuridico vigente.

2. Responsabilità algoritmica e governance delle decisioni automatizzate

Il secondo grande profilo giuridico che l'intelligenza artificiale solleva nel contesto degli scacchi riguarda la responsabilità, intesa sia nella sua dimensione civilistica, come obbligo di risarcimento del danno, sia nella sua dimensione istituzionale, come obbligo di accountability delle organizzazioni che utilizzano sistemi di IA per prendere decisioni che incidono sulla vita delle persone. La questione della responsabilità algoritmica, come è noto, costituisce uno dei temi più dibattuti nel diritto dell'intelligenza artificiale, e il mondo degli scacchi offre un terreno di applicazione che, per quanto circoscritto, consente di esplorare i principali nodi concettuali con una chiarezza che altri ambiti non sempre consentono.

Si consideri il caso, tutt'altro che ipotetico, di un giocatore professionista che venga erroneamente accusato di cheating sulla base dell'analisi algoritmica delle sue partite e che, a seguito di tale accusa, subisca un danno alla propria reputazione, la perdita di contratti di sponsorizzazione, l'esclusione da tornei e, in ultima analisi, la compromissione della propria carriera agonistica. Chi risponde di questo danno? L'algoritmo non può essere chiamato a rispondere, poiché non è un soggetto giuridico. Lo sviluppatore dell'algoritmo potrebbe essere chiamato a rispondere per difetto del prodotto, ma soltanto se si dimostra che il sistema conteneva un errore progettuale o un malfunzionamento, e non semplicemente perché ha prodotto un falso positivo, che è un risultato statisticamente inevitabile in qualsiasi sistema di classificazione probabilistica. La piattaforma che ha utilizzato l'algoritmo per adottare la decisione di sospendere il giocatore è

probabilmente il soggetto più direttamente responsabile, ma la sua responsabilità dipende dalla diligenza con cui ha gestito il processo decisionale: ha verificato i risultati dell'algoritmo con una supervisione umana competente? Ha garantito al giocatore il diritto di difesa e di contestazione? Ha comunicato le ragioni della decisione in modo chiaro e comprensibile? La risposta a queste domande determina il grado di responsabilità della piattaforma e riflette, in miniatura, le grandi questioni che il diritto dell'intelligenza artificiale pone in tutti gli ambiti in cui le decisioni algoritmiche producono effetti sulla sfera giuridica delle persone.

La controversia Carlsen-Niemann, analizzata nel capitolo precedente, offre un caso di studio di straordinario interesse in questa prospettiva. Il rapporto pubblicato da Chess.com sulle partite di Niemann, pur essendo il prodotto di un'analisi sofisticata e condotta con cura, fu diffuso pubblicamente in un contesto di enorme pressione mediatica, con conseguenze devastanti sulla reputazione del giovane giocatore. Niemann reagì con una causa da cento milioni di dollari in cui, tra le varie allegazioni, contestava la fondatezza scientifica dell'analisi algoritmica e lamentava un danno reputazionale causato dalla pubblicazione di accuse non provate. La causa fu risolta con un accordo extragiudiziale, il che significa che le questioni giuridiche sottostanti non furono mai formalmente decise da un tribunale, ma la vicenda illustra con chiarezza il tipo di contenzioso che può emergere quando le decisioni algoritmiche incidono sulla vita delle persone in assenza di un quadro normativo chiaro e di garanzie procedurali adeguate.

Il tema della responsabilità si intreccia strettamente con quello della governance, intesa come l'insieme delle strutture, dei processi e delle regole attraverso cui le organizzazioni che utilizzano l'intelligenza artificiale garantiscono che le decisioni algoritmiche siano eque, trasparenti e sottoposte a un adeguato controllo umano. Nel mondo degli scacchi, la governance dell'IA è ancora in una fase embrionale: la FIDE ha adottato regolamenti sul cheating e ha istituito una commissione dedicata, ma il quadro normativo è ancora frammentario e le garanzie procedurali per i giocatori accusati di cheating sono spesso insufficienti. Le piattaforme online, dal canto loro, operano sulla base di termini di servizio unilaterali che riservano alla piattaforma un'ampia discrezionalità nelle decisioni di sospensione e di espulsione, con limitate possibilità di contestazione per

l'utente. Questa situazione, che riflette un'asimmetria di potere tipica dell'economia digitale, è destinata a entrare in tensione crescente con i principi di trasparenza, equità e accountability che il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale e la legge italiana 132/2025 pongono come fondamenta della governance dell'IA. Il mondo degli scacchi, in questo senso, funge da laboratorio anticipatore di dinamiche che si riprodurranno, in forme più complesse e consequenziali, in tutti i settori in cui l'intelligenza artificiale viene utilizzata per prendere decisioni che incidono sulla vita delle persone.

3. La regolamentazione delle competizioni scacchistiche nell'era dell'intelligenza artificiale

Il terzo profilo giuridico che merita attenzione riguarda la regolamentazione delle competizioni scacchistiche nell'era dell'intelligenza artificiale, un tema che tocca questioni di diritto dello sport, di diritto della concorrenza e di diritto della personalità che si presentano con crescente urgenza man mano che la tecnologia trasforma le condizioni della competizione. Il principio fondamentale su cui si regge qualsiasi competizione sportiva o intellettuale è quello dell'equità: i partecipanti devono competere a parità di condizioni, e qualsiasi vantaggio ottenuto con mezzi illeciti è una violazione delle regole che compromette l'integrità della competizione e il valore dei risultati. Nel contesto degli scacchi, l'intelligenza artificiale ha reso il rispetto di questo principio enormemente più difficile, poiché la disponibilità universale di motori di forza sovrumana significa che il vantaggio ottenibile dalla loro consultazione illecita è potenzialmente decisivo, e la rilevabilità di tale consultazione è intrinsecamente limitata.

Le risposte regolamentari adottate dalla FIDE e dalle organizzazioni nazionali scacchistiche seguono un approccio che combina prevenzione, rilevamento e sanzione, e che riflette, in scala ridotta, le strategie che le autorità pubbliche stanno sviluppando per la regolamentazione dell'IA in altri ambiti. La prevenzione si realizza attraverso le misure di sicurezza fisica già descritte: controlli all'ingresso, divieto di dispositivi elettronici, monitoraggio delle pause, ritardo nella trasmissione. Il rilevamento si affida all'analisi statistica delle partite, complementata dall'osservazione comportamentale e, in alcuni casi, dall'analisi dei segnali elettronici nella sala di gioco. La sanzione prevede una scala di penalità

che va dalla squalifica dal torneo alla sospensione temporanea o permanente dalla competizione, con possibilità di appello di fronte agli organi di giustizia sportiva della FIDE.

Questo approccio, per quanto ragionevole nella sua struttura, presenta limiti significativi che riflettono le difficoltà intrinseche della regolamentazione dell'IA. In primo luogo, le misure di prevenzione sono costose e invasive, e la loro applicazione è praticabile soltanto nei tornei d'élite, lasciando sostanzialmente sguarniti i tornei di livello intermedio e la competizione online, dove il cheating è presumibilmente più diffuso. In secondo luogo, i metodi di rilevamento statistico, come abbiamo visto, possono produrre falsi positivi con conseguenze potenzialmente devastanti per i giocatori innocenti, e lo standard probatorio richiesto per una sanzione non è stato definito con chiarezza, oscillando tra il grado di certezza richiesto in ambito penale e quello, più rilassato, tipico del diritto sportivo. In terzo luogo, la dimensione internazionale del problema complica ulteriormente la regolamentazione: la FIDE è un'organizzazione internazionale con sede in Svizzera, le piattaforme online sono generalmente basate negli Stati Uniti, i giocatori provengono da tutti i paesi del mondo, e le regole applicabili possono variare significativamente da una giurisdizione all'altra.

La prospettiva del diritto europeo offre in questo contesto un contributo potenzialmente significativo. Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale, con la sua enfasi sulla trasparenza, la supervisione umana e la valutazione d'impatto dei sistemi ad alto rischio, fornisce un quadro concettuale che potrebbe essere utilmente applicato alla governance dell'IA negli scacchi. In particolare, il principio secondo cui le decisioni automatizzate che producono effetti significativi sulle persone devono essere soggette a una supervisione umana significativa e devono poter essere contestate dal soggetto interessato costituisce un criterio che le organizzazioni scacchistiche dovrebbero integrare nei propri processi di indagine e di sanzione. La legge italiana 132/2025, con i suoi principi di trasparenza, equità e non discriminazione nell'uso dell'IA, raffforza questa prospettiva e offre una base normativa specifica per la tutela dei giocatori che operano nel contesto italiano.

In una dimensione più ampia, il problema della regolamentazione dell'IA negli scacchi può essere letto come una metafora della sfida che la società nel suo complesso affronta nella governance dell'intelligenza artificiale. Come garantire l'equità della competizione quando una tecnologia potente è universalmente disponibile? Come bilanciare la prevenzione dei rischi con il rispetto dei diritti individuali? Come definire standard probatori appropriati per decisioni basate su analisi algoritmiche? Come coordinare la regolamentazione a livello internazionale in un mondo in cui la tecnologia non conosce confini? Queste domande, che nel contesto scacchistico si presentano in una forma relativamente circoscritta e gestibile, si ripropongono in termini ben più complessi e consequenziali nell'ambito della sanità, della giustizia, della finanza, della sicurezza nazionale. Le risposte che la comunità scacchistica sta sperimentando, con le loro luci e le loro ombre, offrono lezioni preziose per tutti coloro che si occupano della governance dell'intelligenza artificiale nella società contemporanea.

Capitolo 13

Dalla scacchiera al mondo reale: gli scacchi come metafora dell'IA nella società

Sommario: *1. Il modello scacchistico e la trasformazione del lavoro nell'era dell'intelligenza artificiale – 2. L'intelligenza artificiale nella strategia militare: lezioni e limiti dell'analogia scacchistica – 3. Il diritto nell'era dell'intelligenza artificiale: principi fondamentali dalla scacchiera alla società.*

---

1. Il modello scacchistico e la trasformazione del lavoro nell'era dell'intelligenza artificiale

Questo capitolo finale della nostra esplorazione amplia lo sguardo dalla scacchiera al mondo, proponendo una lettura delle grandi questioni che l'intelligenza artificiale pone alla società contemporanea attraverso la lente privilegiata che gli scacchi ci offrono. La tesi che intendiamo sviluppare è che il modello scacchistico, nella sua trasparenza e nella sua misurabilità, fornisce intuizioni che illuminano i problemi più complessi e opachi del rapporto tra uomo e macchina nel lavoro, nella strategia militare, nel diritto e nella governance della società, non perché gli scacchi siano identici a questi domini, ma perché le dinamiche fondamentali che vi si manifestano – la tensione tra prestazione e comprensione, tra automazione e competenza umana, tra innovazione tecnologica e regolamentazione – si ritrovano, amplificate e complicate, in ogni ambito in cui l'intelligenza artificiale viene applicata.

Il mondo del lavoro è forse l'ambito in cui la metafora scacchistica si rivela più illuminante. La traiettoria che abbiamo descritto nel mondo degli scacchi – dalla competizione tra uomo e macchina alla collaborazione, dal centauro vincente al centauro superfluo, dalla creatività umana insostituibile alla creatività artificiale sorprendente – è la stessa traiettoria che si sta svolgendo, con velocità e intensità diverse, in un numero crescente di professioni. I traduttori, i programmatori, i giornalisti, gli analisti finanziari, i radiologi, i designer grafici stanno tutti attraversando una fase in cui l'IA passa da strumento che assiste il professionista a

sistema che rischia di renderlo superfluo, e le strategie di adattamento che ciascuna professione sta sviluppando ricordano, in modo impressionante, le strategie che i giocatori di scacchi hanno adottato di fronte all'onnipresenza dei motori: l'uso dell'IA come strumento di potenziamento piuttosto che come sostituto, la ricerca di competenze complementari che la macchina non possiede, la ridefinizione dell'identità professionale in termini di valore aggiunto umano piuttosto che di competenza tecnica.

La lezione più sottile che gli scacchi offrono al mondo del lavoro riguarda il rischio di dequalificazione che abbiamo analizzato a proposito dei giovani giocatori cresciuti nell'era dei motori. In ogni professione in cui l'IA assume una parte crescente del lavoro cognitivo, esiste il rischio che i professionisti perdano progressivamente le competenze che l'IA ha reso apparentemente superflue, trovandosi poi disarmati quando la macchina si rivela inadeguata o quando il contesto richiede un giudizio autonomo che la macchina non può fornire. Questo rischio è particolarmente insidioso perché opera in modo graduale e invisibile: finché l'IA funziona correttamente, la perdita di competenza umana non si manifesta; è soltanto quando il sistema fallisce, o quando si presenta una situazione inedita che esula dalle capacità della macchina, che la dequalificazione diventa evidente, con conseguenze che possono essere gravi. L'esperienza degli scacchi suggerisce che la risposta a questo rischio non è il rifiuto della tecnologia, che sarebbe vano e controproducente, ma lo sviluppo di pratiche formative che preservino e sviluppino le competenze autonome dell'essere umano parallelamente all'uso dell'IA, un approccio che richiede una consapevolezza esplicita del problema e un investimento deliberato nella formazione.

2. L'intelligenza artificiale nella strategia militare: lezioni e limiti dell'analogia scacchistica

La dimensione militare e strategica del rapporto tra uomo e intelligenza artificiale, tematica che chi scrive ha avuto occasione di approfondire nel corso della propria attività istituzionale, trova negli scacchi una metafora particolarmente ricca e, per certi versi, inquietante. Gli scacchi sono nati come simulazione della guerra, e la terminologia scacchistica – attacco, difesa, sacrificio, strategia, tattica, posizione, vantaggio – è in gran parte mutuata dal vocabolario

militare. Non è un caso che i militari abbiano sempre avuto un interesse speciale per gli scacchi, e che la riflessione strategica abbia attinto costantemente al modello scacchistico per elaborare concetti e principi applicabili al campo di battaglia. La domanda che oggi si pone con urgenza crescente è se e in che misura i sistemi di intelligenza artificiale possano e debbano essere utilizzati per prendere decisioni in contesti militari, e quali garanzie siano necessarie per assicurare che l'uso dell'IA in ambito bellico rimanga sotto un controllo umano significativo.

L'analogia tra gli scacchi e il campo di battaglia è tanto illuminante quanto ingannevole. Gli scacchi, come abbiamo ripetutamente osservato, sono un dominio chiuso, deterministico, a informazione perfetta: ogni pezzo è visibile, ogni mossa ha conseguenze prevedibili, il criterio di vittoria è univoco. Il campo di battaglia reale non potrebbe essere più diverso: l'informazione è sempre incompleta e spesso ingannevole, il ruolo della sorpresa è fondamentale, le condizioni cambiano in modo imprevedibile, le conseguenze delle decisioni sono drammatiche e irreversibili, e il criterio di successo è complesso e multidimensionale, coinvolgendo non soltanto la vittoria tattica ma anche considerazioni strategiche, politiche, diplomatiche, umanitarie e giuridiche. In questo contesto, l'uso dell'IA per assistere le decisioni militari presenta opportunità significative – la rapidità dell'analisi, la capacità di gestire enormi quantità di dati, l'identificazione di pattern non evidenti all'analista umano – ma anche rischi gravissimi, legati alla possibilità che il sistema agisca sulla base di correlazioni spurie, che non sappia gestire situazioni impreviste, che non sia in grado di valutare le conseguenze morali e giuridiche delle proprie raccomandazioni.

La lezione degli scacchi, in questo contesto, è duplice. Da un lato, la storia dell'IA scacchistica dimostra che i sistemi artificiali possono raggiungere livelli di competenza straordinari in domini complessi, e che la tentazione di affidarsi alla macchina è tanto più forte quanto più la posta in gioco è alta e il tempo per decidere è limitato. Dall'altro lato, la stessa storia mostra che la comprensione della macchina è qualitativamente diversa da quella dell'essere umano, e che la delega alla macchina di decisioni che richiedono giudizio morale, comprensione del contesto e responsabilità individuale comporta rischi che nessuna superiorità computazionale può eliminare. Il principio della supervisione umana significativa,

che nel diritto internazionale umanitario è espresso dal requisito del meaningful human control sulle armi autonome, trova negli scacchi una conferma esperienziale: così come il centauro scacchistico era più forte quando l'essere umano manteneva un ruolo attivo e critico nella collaborazione con la macchina, così l'uso dell'IA in ambito militare è più sicuro e più efficace quando l'essere umano conserva la capacità e l'autorità di valutare, modificare e, se necessario, rifiutare le raccomandazioni del sistema.

Il dibattito sulle armi autonome letali, che da anni impegna la comunità internazionale nell'ambito della Convenzione sulle armi convenzionali, trova negli scacchi un'ulteriore fonte di riflessione. Se un sistema di intelligenza artificiale può imparare a giocare a scacchi meglio di qualsiasi essere umano partendo da una tabula rasa, allora in linea di principio un sistema analogo potrebbe imparare a condurre operazioni militari con un'efficacia che trascende le capacità umane. Ma l'analogia si ferma qui, perché la guerra non è un gioco: non ha regole fisse, non ha un obiettivo univoco, non è priva di conseguenze morali, e la vita umana non è un pezzo sulla scacchiera. La tentazione di trattare il campo di battaglia come una partita di scacchi, riducendo gli esseri umani a unità su una mappa e le decisioni strategiche a problemi di ottimizzazione, è precisamente il pericolo contro cui la riflessione etica e giuridica sull'IA militare deve mettere in guardia, e la consapevolezza dei limiti dell'analogia scacchistica è il primo passo per evitare questo pericolo.

3. Il diritto nell'era dell'intelligenza artificiale: principi fondamentali dalla scacchiera alla società

La dimensione giuridica e sociale del rapporto tra uomo e intelligenza artificiale, che gli scacchi ci hanno permesso di esplorare attraverso casi concreti come il cheating, la proprietà intellettuale e la governance delle piattaforme, si ricollega a un dibattito più ampio che investe il diritto nel suo complesso e che si può sintetizzare in una domanda fondamentale: come deve evolversi l'ordinamento giuridico per governare una società in cui l'intelligenza artificiale assume un ruolo sempre più pervasivo nelle decisioni che riguardano la vita delle persone? La risposta a questa domanda non può essere cercata soltanto nella normazione settoriale, che pure è necessaria, ma richiede una riflessione più

profonda sui principi fondamentali che devono guidare il rapporto tra uomo, tecnologia e diritto nell'era dell'intelligenza artificiale.

Il primo di questi principi è quello della centralità della persona umana, che sia il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale sia la legge italiana 132/2025 pongono come fondamento dell'intera disciplina. Questo principio, nel contesto degli scacchi, si traduce nell'affermazione che gli scacchi sono un'attività umana, il cui valore risiede nella sfida intellettuale tra persone, e che qualsiasi uso dell'intelligenza artificiale deve essere al servizio di questa dimensione umana, non in sua sostituzione. In termini più generali, il principio della centralità della persona implica che l'IA deve essere progettata e utilizzata per ampliare le capacità umane, non per ridurle, e che le decisioni che hanno un impatto significativo sulla vita delle persone devono sempre essere soggette a una supervisione umana significativa. Questo principio, che può sembrare ovvio nella sua formulazione, si rivela enormemente difficile da attuare nella pratica, poiché la pressione economica e competitiva spinge costantemente verso una maggiore automazione e una riduzione del ruolo umano, e la definizione stessa di supervisione umana significativa è oggetto di interpretazioni divergenti.

Il secondo principio è quello della trasparenza algoritmica, che impone che le persone interessate dalle decisioni di un sistema di IA abbiano il diritto di conoscere e di comprendere la logica su cui tali decisioni si fondano. Nel contesto degli scacchi, questo principio si applica in modo particolarmente diretto ai sistemi di rilevamento del cheating: un giocatore accusato di assistenza computerizzata ha il diritto di sapere su quali basi l'accusa si fonda, quali parametri l'algoritmo ha considerato, quale margine di errore è associato alla conclusione, e quali sono i meccanismi di contestazione disponibili. Ma il principio della trasparenza si scontra con un ostacolo intrinseco alla natura dei sistemi di IA moderni: le reti neurali profonde, su cui si basano molti dei sistemi di rilevamento più sofisticati, producono risultati attraverso processi computazionali la cui logica interna non è interpretabile in termini comprensibili all'essere umano. Questa opacità, che abbiamo analizzato a proposito della conoscenza scacchistica dei motori, pone una sfida fondamentale alla trasparenza algoritmica e richiede lo

sviluppo di tecniche di interpretabilità e di spiegabilità che sono ancora in una fase relativamente precoce di sviluppo.

Il terzo principio è quello della responsabilità, intesa come l'obbligo di garantire che per ogni decisione prodotta o assistita dall'IA esista un soggetto umano o un'organizzazione chiaramente identificabile che ne risponde. Questo principio, nel contesto degli scacchi, si traduce nell'esigenza che le piattaforme online, le federazioni e gli organizzatori di tornei assumano la responsabilità delle decisioni che adottano sulla base delle indicazioni dei sistemi di IA, senza potersi trincerarsi dietro il verdetto dell'algoritmo come se fosse un giudizio oggettivo e incontestabile. In termini più generali, il principio della responsabilità richiede che la catena di accountability sia sempre ricostruibile, dalla progettazione del sistema alla decisione finale, e che nessun anello di questa catena possa sottrarsi alla propria responsabilità invocando la natura automatizzata del processo decisionale.

In definitiva, la riflessione giuridica sull'intelligenza artificiale negli scacchi ci conduce a una conclusione che vale per l'intera società: il diritto dell'intelligenza artificiale non è una branca specialistica del diritto, ma una dimensione trasversale che attraversa tutti i settori dell'ordinamento giuridico e che richiede un ripensamento dei concetti fondamentali del diritto alla luce delle nuove possibilità e dei nuovi rischi che la tecnologia porta con sé. I principi di centralità della persona, trasparenza, responsabilità e supervisione umana che il Regolamento europeo e la legge italiana hanno posto come fondamenta della governance dell'IA non sono principi nuovi: sono la declinazione, nell'era dell'intelligenza artificiale, dei principi fondamentali dello stato di diritto, della dignità della persona e della tutela dei diritti fondamentali che costituiscono il patrimonio irrinunciabile della tradizione giuridica europea. La sfida che ci attende è quella di tradurre questi principi in norme concrete, procedure efficaci e pratiche istituzionali capaci di governare una tecnologia che si evolve a una velocità senza precedenti: una sfida che richiede la collaborazione tra giuristi, tecnologi, filosofi e cittadini, e a cui questo libro, nel suo piccolo, spera di aver contribuito.

EPILOGO

La partita infinita: verso una nuova alleanza tra mente umana e intelligenza artificiale

---

Se guardiamo indietro al percorso compiuto in queste pagine, ci rendiamo conto di aver attraversato, nell'arco di pochi capitoli, un'avventura intellettuale che si distende su millenni di storia e che abbraccia alcune delle questioni più profonde che l'essere umano si sia mai posto: la natura dell'intelligenza, i confini della creatività, il rapporto tra mente e macchina, il significato della comprensione, la possibilità di una collaborazione feconda tra l'ingegno umano e la potenza del calcolo artificiale. Gli scacchi, questo gioco millenario nato come simulazione della guerra e divenuto il simbolo universale del pensiero razionale, ci hanno accompagnato come una guida silenziosa attraverso ciascuna di queste questioni, offrendo un terreno in cui le idee più astratte si incarnano in posizioni concrete, in partite memorabili, in sfide umane e tecnologiche che hanno segnato la storia della civiltà.

La storia che abbiamo raccontato è una storia di sfide, di rivoluzioni e di trasformazioni. La sfida di Turing e Shannon, che per primi immaginarono una macchina capace di giocare a scacchi e gettarono le fondamenta di una scienza nuova. La sfida di Deep Blue, che dimostrò al mondo che la forza bruta del calcolo poteva prevalere sul genio del campione del mondo. La rivoluzione di AlphaZero, che mostrò che una macchina capace di apprendere da sola poteva scoprire una bellezza scacchistica che trascendeva l'esperienza millenaria dell'umanità. La trasformazione della cultura scacchistica nell'era digitale, con la sua esplosione di nuovi giocatori, nuove piattaforme, nuovi problemi e nuove possibilità. E la riflessione giuridica e filosofica che abbiamo tentato nei capitoli finali, che dagli scacchi si è estesa al rapporto complessivo tra uomo e intelligenza artificiale nella società contemporanea.

Ma questa storia non è conclusa. È anzi appena agli inizi. L'intelligenza artificiale che conosciamo oggi, per quanto impressionante, è con ogni probabilità soltanto un'anteprima di ciò che verrà. I sistemi di IA generativa che oggi scrivono testi, generano immagini e conversano con gli esseri umani in linguaggio naturale discendono, nella loro architettura concettuale, dalle stesse idee che hanno animato la storia dell'IA scacchistica: le reti neurali profonde, l'apprendimento per rinforzo, la ricerca Monte Carlo. La lezione che gli scacchi ci hanno insegnato – che queste tecniche possono produrre risultati sorprendenti quando sono applicate a domini sufficientemente strutturati – si sta ora estendendo a domini molto più ampi e aperti, con conseguenze che stiamo appena cominciando a comprendere.

Che cosa può dirci, allora, la scacchiera sul futuro che ci attende? Credo che le lezioni fondamentali siano tre. La prima è che l'intelligenza artificiale non è il nemico dell'intelligenza umana, ma il suo complemento. La storia degli scacchi mostra che i risultati migliori si ottengono quando le due forme di intelligenza collaborano, ciascuna apportando ciò che l'altra non può offrire. Questo principio, sperimentato per la prima volta negli scacchi centauro di Kasparov, è oggi il paradigma dominante nell'applicazione dell'IA alla medicina, al diritto, alla ricerca scientifica, all'istruzione, e la sua validità crescerà man mano che i sistemi di IA diventeranno più potenti e più pervasivi. La seconda lezione è che la potenza tecnologica senza governance è un pericolo, e che la

società deve dotarsi di strumenti normativi e istituzionali capaci di garantire che l'IA sia utilizzata nel rispetto dei diritti fondamentali, della dignità della persona e dei valori della democrazia. Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale e la legge italiana 132/2025 sono i primi passi di un cammino che sarà lungo e complesso, ma che è essenziale per assicurare che la tecnologia resti al servizio dell'uomo e non ne diventi il padrone. La terza lezione, forse la più profonda, è che l'intelligenza umana ha un valore che non può essere misurato in termini di prestazione, di velocità o di precisione, e che la sfida dell'era dell'intelligenza artificiale non è quella di competere con la macchina sul suo terreno, ma quella di coltivare e valorizzare ciò che ci rende irriducibilmente umani: la creatività, la responsabilità morale, la capacità di dare senso all'esperienza, la volontà di cercare la bellezza.

Su una scacchiera di sessantaquattro caselle, settant'anni fa, è iniziata una partita che ha cambiato il mondo. Quella partita non è finita. Si è soltanto trasformata: da sfida a dialogo, da competizione a collaborazione, da domanda sull'intelligenza delle macchine a domanda sull'intelligenza dell'uomo. La mossa, ora, spetta a noi.